



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE CLORURO DE LITIO EN LA ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE *Varroa destructor* EN ABEJAS (*Apis mellifera*)”

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: TRABAJO EXPERIMENTAL

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR: ROMEL SANTIAGO GUERRERO CATOTA

DIRECTOR: Ing. M.Sc. JULIO CÉSAR BENAVIDES LARA

RIOBAMBA – ECUADOR

2019

Derecho de Autenticidad

© 2019, Romel Santiago Guerrero Catota

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE ZOOTECNIA

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación Tipo Trabajo Experimental, “EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE CLORURO DE LITIO EN LA ALIMENTACIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE *Varroa destructor* EN ABEJAS (*Apis mellifera*)”, de responsabilidad del señor ROMEL SANTIAGO GUERRERO CATOTA, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. M.Sc. Hermenegildo Díaz Berones

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.Sc. Julio Benavides Lara

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dr. M.Sc. Alex Arturo Villafuerte Gavilánez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Compartir derechos

Yo, ROMEL SANTIAGO GUERERO CATOTA soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Romel Santiago Guerrero Catota

DEDICATORIA

A:

Mis dos madres Elsa y María porque han estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Mis hermanos, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

Mis sobrinos para que vean en mí un ejemplo a seguir.

Mis amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y por haber compartido los buenos y malos momentos.

Romel Santiago Guerrero Catota

AGRADECIMIENTO

Primeramente me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

A mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado en estos años de estudio.

A esta prestigiosa institución, la **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO** por darme la oportunidad de ser un profesional.

A mis tutores Ing. Julio Benavides y Dr. Alex Villafuerte, quienes con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación han ayudado a que pueda culminar mi carrera con éxito.

Al Ing. William Luzuriaga por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación en su apiario y contribuir con esta investigación compartiendo sus conocimientos y experiencia.

Romel Santiago Guerrero Catota

CONTENIDO

	Pág.
Portada	i
Derecho de Autenticidad	ii
Certificación	iii
Compartir derechos	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1 Las abejas	3
1.1.1. Generalidades de la biología de las abejas <i>Apis mellifera</i>	4
1.1.1.1 La reina	4
1.1.1.2 Las abejas obreras	5
1.1.1.3 Los zánganos	6
1.2. Varroasis	6
1.2.1 Origen y distribución.	7
1.2.2 Etiología	8
1.2.3 Ecología	9

1.2.4. Ciclo biológico del parásito	9
1.2.4.1 Varroa sobre la cría	9
1.2.4.2 Varroa sobre los insectos perfectos: zánganos y obreras.	10
1.2.5. Trasmisión de una colonia a otra	11
1.2.5.1 Transmisión natural	11
1.2.5.2 Transmisión por el apicultor	11
1.2.6 Condiciones favorables o desfavorables para el parásito.	12
1.2.7 Cuadro clínico	12
1.2.8. Daños ocasionados	13
1.2.8.1 Directos	13
1.2.8.2 Indirectos	14
1.2.9. Diagnóstico	14
1.2.9.1 Diagnóstico en cría	15
1.2.9.2 Diagnóstico en abejas adultas	16
1.2.9.3 Conteo de ácaros caídos	17
1.2.10 Importancia de un diagnóstico precoz	17
1.2.11 Prevención y lucha.	18
1.2.12. Tratamiento	18
1.2.12.1 Control químico	19
1.2.12.2 Control alternativo	20
1.2.12.3 Formas de acción de los acaricidas	21
1.2.12.4 Formas de administración	21
1.2.12.5 Algunos productos utilizados en la actualidad	22
1.3. Cloruro de litio	24
1.3.1 Aplicaciones del Cloruro de Litio	24
1.3.2 Investigaciones en el control de Varroa a base de cloruro de litio.	25

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	26
2.1	Localización y duración del experimento	26
2.2	Unidades experimentales	26
2.3.	Materiales, equipos e instalaciones	27
2.3.1	<i>Materiales</i>	27
2.3.2	<i>Equipos</i>	28
2.3.3	<i>Instalaciones</i>	29
2.4	Tratamientos y diseño experimental	29
2.5.	Mediciones experimentales	30
2.5.1	<i>Pre-tratamiento</i>	30
2.5.2	<i>Pos-tratamiento</i>	30
2.6	Análisis estadístico y pruebas de significancia	31
2.7.	Procedimiento experimental	32
2.7.1	<i>Diagnóstico de infestación de Varroasis en el apiario</i>	32
2.7.2.	<i>Evaluación de los tratamientos</i>	32
2.7.2.1	<i>Preparación de materiales para toma de datos.</i>	32
2.7.2.2	<i>Toma de datos iniciales.</i>	32
2.7.2.3	<i>Preparación de tratamientos.</i>	33
2.7.2.4	<i>Aplicación de los tratamientos</i>	33
2.7.2.5	<i>Toma de datos</i>	34
2.8.	Metodología de la evaluación	34
2.8.1	<i>Varroa muertas/dm²/día</i>	34
2.8.2	<i>Porcentaje de infestación de Varroa.</i>	35
2.8.3	<i>Eficacia del tratamiento.</i>	35
2.8.4	<i>Peso de la colmena.</i>	35
2.8.5	<i>Mortalidad de abeja adulta y cría</i>	36
2.8.6	<i>Costos de tecnología</i>	36

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
3.1.	Evaluación de la eficiencia de los tratamientos para el control de la varroasis	37
3.1.1	<i>Número de varroas caídas/dm²/día pre y pos-aplicación a los tratamientos</i>	38
3.1.2	<i>Porcentaje de infestación de varroa pre y pos-aplicación a los tratamientos</i>	40
3.1.3	<i>Porcentaje de infestación de varroa durante la aplicación de los tratamientos</i>	43
3.1.4	<i>Eficacia de los tratamientos aplicados.</i>	44
3.1.5	<i>Mortalidad de abeja adulta</i>	46
3.1.6	<i>Mortalidad de cría</i>	47
3.1.7	<i>Peso de las colmenas pre y pos-aplicación a los tratamientos</i>	48
3.2	Evaluación de costos de los tratamientos para el control de varroasis	50
	CONCLUSIONES	50
	RECOMENDACIONES	52
	BIBLIOGRAFÍA	53
	ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2 Condiciones meteorológicas de la zona	26
Tabla 2-2 Esquema del experimento	30
Tabla 3-2 Esquema del ADEVA	31
Tabla 1-3 Incidencia de <i>varroa destructor</i> y peso inicial de las colmenas	37
Tabla 2-3 Evaluación de la eficiencia de tres niveles de cloruro de litio en el control de <i>Varroa destructor</i>	37
Tabla 3-3 Costo/colmena tratada de los tratamientos para el control de varroasis	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-3	Número de varroas caídas/dm ² /día pre-aplicación a los tratamientos. 38
Gráfico 2-3	Número de varroas caídas/dm ² /día pos-aplicación a los tratamientos. 39
Gráfico 3-3	Evaluación de la regresión del número de varroas caídas/dm ² /día pos-aplicación de diferentes niveles de LiCl. 39
Gráfico 4-3	Porcentaje de infestación de varroa pre-aplicación a los tratamientos. 40
Gráfico 5-3	Porcentaje de infestación de varroa pos-aplicación a los tratamientos. 41
Gráfico 6-3	Evaluación de la regresión del porcentaje de infestación de varroa pos-aplicación de diferentes niveles de LiCl. 42
Gráfico 7-3	Porcentaje de infestación de varroa durante la aplicación de los tratamientos. 43
Gráfico 8-3	Evaluación de la regresión del porcentaje de infestación durante la aplicación de diferentes niveles de LiCl. 44
Gráfico 9-3	Eficacia de los tratamientos aplicados. 45
Gráfico 10-3	Evaluación de la regresión de la eficacia de diferentes niveles de LiCl. 46
Gráfico 11-3	Mortalidad de abeja adulta. 47
Gráfico 12-3	Mortalidad de cría. 48
Gráfico 13-3	Peso de las colmenas pre-aplicación a los tratamientos. 49
Gráfico 14-3	Peso de las colmenas pos-aplicación a los tratamientos. 49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Análisis estadístico del número de varroas/ dm ² /día pre-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 2	Análisis estadístico del porcentaje de infestación pre-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 3	Análisis estadístico del peso inicial de la colmena (kg).
Anexo 4	Análisis estadístico del número de varroas/ dm ² /día pos-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 5	Análisis estadístico del porcentaje de infestación pos-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 6	Análisis estadístico del porcentaje de infestación durante la aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 7	Análisis estadístico de la eficacia de los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 8	Análisis estadístico del peso final de la colmena (kg).
Anexo 9	Análisis estadístico de la mortalidad de abeja adulta durante los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 10	Análisis estadístico de la mortalidad de cría durante los tres tratamientos para el control de varroa.
Anexo 11	Evaluación de la eficiencia de tres niveles de cloruro de litio en el control de <i>Varroa Destructor</i> .
Anexo 12	Análisis de costos de los tratamientos aplicados.

RESUMEN

Se evaluó el efecto acaricida de diferentes niveles de cloruro de litio en la alimentación artificial (0,4 – 0,6 – 0,8 g), frente a un grupo control sin aplicación en abejas (*Apis mellifera*), las unidades experimentales que conformaron el presente trabajo experimental fueron 12 colmenas tipo Langstroth seriamente parasitadas conformadas por una alza, modeladas bajo un Diseño Completamente al Azar, la metodología experimental se comprendió en la determinación de las variables de varroas caídas/dm²/día (N°), infestación (%), eficacia de los tratamientos (%), peso inicial y final de la colmena (kg), mortalidad de abeja adulta y cría (N°) en el barrio Las Pumarolas, parroquia Calpi, ubicado a 8 km del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Al finalizar el experimento se determinó que las mejores respuestas en el control de *Varroa destructor* se obtuvieron en las colmenas tratadas con LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g), alcanzando un 100% de eficacia, es decir el porcentaje de infestación tanto en abejas adultas como en cría operculada bajó a 0,00% sin afectar negativamente a la población de abejas, debido a su modo de acción sistémico sobre las varroas en la fase forética y reproductiva, al evaluar los costos de esta nueva tecnología se determinó que el costo por colmena tratada fue de 9,23 y 9,83 USD respectivamente. Por todo lo antes mencionado se recomienda la utilización de este producto en el control de la varroasis, ya que presentó resultados satisfactorios, además se deben realizar nuevas investigaciones en base a este producto en aspectos como: dosis, intervalos y época adecuada para su aplicación, nuevos métodos para suministrarlo y lo más importante, su presencia en forma de trazas en la miel.

PALABRAS CLAVES:

<ALIMENTACION ARTIFICIAL> <FORÉTICA> <REPRODUCTIVA> <VARROA (*Varroa destructor*)> <ABEJA (*Apis mellifera*)> <CLORURO DE LITIO (LiCl)> <RIOBAMBA (CANTÓN)> <CHIMBORAZO (PROVINCIA)>

ABSTRACT

It was evaluated the acaricidal effect of different levels of lithium chloride in artificial feeding (0.4 - 0.6 - 0.8 g), compared to a control group without application in bees (*Apis mellifera*), the experimental units that made up the present experimental work were 12 seriously parasitized Langstroth beehives shaped by a hike, modeled under a Completely Random Design, the experimental methodology was based on the determination of the following variables: varroa falls/dm²/day (N °), infestation (%), efficacy of treatments (%), initial and final weight of the hive (kg), mortality of adult bee and breeding (N °), in the district Las Pumarolas, Calpi parish, located 8 km from the Riobamba canton, Chimborazo Province. At the end of the experiment it was determined that the best responses in the control of *Varroa destructor* were obtained in the hives treated with LiCl (0.6 g) and LiCl (0.8 g), reaching a 100% efficiency, that is, the percentage of infestation in both adult bees and in operculated brood dropped to 0.00% without negatively affecting the bee population, due to its systemic action on the varroas in the forética and reproductive phase, when evaluating the costs of this new technology it was determined that the cost per treated hive was 9.23 and 9.83 USD respectively. For all the above mentioned, it is recommended the use of this product in varroasis control, since it presented satisfactory results, in addition, new research should be carried out based on this product in aspects such as: dosage, intervals and suitable time for its application, new methods to supply it and, most importantly, its presence in the form of traces in honey.

KEYWORDS:

ARTIFICIAL FOOD> <FORETIC> <REPRODUCTIVE> <VARROA (*Varroa destructor*)>
<BEE (*Apis mellifera*)> <LITHIUM CHLORIDE (LiCl)> <RIOBAMBA (CANTON)>
<CHIMBORAZO (PROVINCE)>

INTRODUCCIÓN

La Apicultura es una actividad pecuaria que desde hace décadas brinda beneficios económicos y ecológicos, se podría decir que está enfocada en obtener y consumir los productos que son capaces de elaborar y recolectar las abejas, las mismas que hoy en día se encuentran expuestas a problemas sanitarios (parasitosis) que se han tratado de combatir y con el pasar de los años no se ha logrado obtener un tratamiento efectivo.

En la actualidad la producción apícola atraviesa un problema a nivel mundial y Ecuador no está excluido de esta problemática que se considera como la más grave de la patología apícola, causada por el ácaro *Varroa destructor* afectando a la abeja melífera en todos sus estadios de desarrollo (cría y adultos). También actúa como factor predisponente para que se desarrollen otras infecciones secundarias causadas por microorganismos.

El desarrollo de la apicultura en nuestro país se ha visto afectado por la poca o nula importancia y enfoque productivo que se le ha dado a la abeja melífera, y por la falta de investigación en patología apícola. Durante muchos años se ha utilizado una gran variedad de productos y se han evaluado alternativas que permiten cierto control de este parásito. El constante uso indiscriminado de ciertos productos ha originado grandes inconvenientes como: la presencia de residuos químicos en los productos apícolas y el desarrollo de resistencia a dichos fármacos por parte del ácaro.

Son muy evidentes las falencias en aspectos como: manejo, alimentación, comercialización de productos y sanidad, dentro de la cual han surgido una infinidad de problemas, incrementándose considerablemente las prevalencias parasitarias durante los últimos años, debido a la progresiva disminución de la susceptibilidad de los ácaros a los agentes químicos utilizados, y al no existir estudios sobre el cloruro de litio (LiCl) como acaricida para el control de *Varroa destructor* en nuestro medio, esta investigación propuso determinar una mejor alternativa para el control eficiente y oportuno de esta patología que viene arrasando con la producción apícola.

Por lo anteriormente expuesto, en el presente trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el porcentaje de infestación de los ácaros en las colmenas.
- Evaluar la eficacia de los tratamientos y determinar el mejor tratamiento a través de la varroa destruida.
- Determinar el costo de los tratamientos de esta nueva tecnología.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Las abejas

Las abejas son Insectos pertenecientes a la clase de los Himenópteros. El grupo de los Insectos es muy antiguo ya que fueron los primeros animales en colonizar las tierras emergidas y sus primeros fósiles datan de Devónico, hace 400 millones de años (Quero, 2004, p.1).

La gran mayoría de los insectos son animales solitarios, en los que cada individuo vive para sí mismo, y los miembros de una especie no sienten ninguna atracción mutua excepto en la época del apareamiento. Después de poner los huevos sobre o cerca de sus alimentos los padres, por lo general, se desentienden de su prole ya que, generalmente mueren y no establecen ningún contacto con ellos. No obstante, hay ciertos grupos de insectos cuyas especies tienen un modo de vida social (Quero, 2004, p.1).

Cuando un apicultor habla de los animales a los que cuida, y a los que les saca rendimiento, suele referirse de forma colectiva a “sus colmenas”. Este concepto intuitivo de colectividad, al hablar de los componentes de un apiario, no es más que el resultado lógico del conocimiento de la biología de las abejas, cuya naturaleza social hace que el individuo, en sí mismo, carezca de valor en favor de la colectividad (Quero, 2004, p.1).

Las abejas "domésticas", junto con las hormigas, las avispas y las termitas, son de los pocos Insectos, capaces de sobrevivir a los rigores del invierno. Esto lo consiguen gracias a que han desarrollado evolutivamente un comportamiento denominado EUSOCIAL (Quero, 2004, p.1).

1.1.1. Generalidades de la biología de las abejas *Apis mellifera*

Las abejas son insectos sociales con un alto grado de especialización y organización. El conjunto de abejas que descienden de una misma abeja reina se denomina colonia. Su estructura social se compone de grupos de abejas con distintas funciones, denominados “castas” (Vicente, 2016, p.5).

Existen tres castas de abejas: abeja reina, abeja obrera y zánganos. La abeja reina y las obreras son las hembras y proceden de huevos fecundados y por lo tanto son individuos diploides ($2n$). En cambio, los zánganos son los machos y proceden de huevos sin fecundar, por lo que son haploides (n) (Vicente, 2016, p.5).

1.1.1.1 La reina

Es el personaje central de la colonia, la única hembra perfecta y fecunda. Se distingue del resto por su longitud, que es de 16 milímetros, y por las alas, que son muy cortas en relación al cuerpo. Posee aguijón, pero sólo lo utiliza para luchar contra otras reinas (Herrero, 2004, p.5).

La celdilla en la que se desarrolla es mayor que las demás y tiene forma de bellota o de cacahuete. Al nacer, destruye el resto de larvas reales. Si nacen varias reinas al mismo tiempo, se produce un combate a muerte en el que la reina triunfadora se convierte en máxima autoridad de la colonia (Herrero, 2004, p.5).

La fecundación se produce fuera de la colmena, en el llamado “vuelo nupcial”, en el que un grupo de zánganos sale tras ella, siendo fecundada por el más fuerte y veloz. Después del apareamiento regresa a la colmena, posiblemente para no volver a salir, llevando en la extremidad de su abdomen parte de los órganos genitales del zángano que la fecundó y con su espermateca (bolsa de semen) llena, conteniendo de 8 a 12 millones de espermatozoides. A partir de ese momento, la reina inicia su misión: poner un huevo al minuto, alrededor de 3.000 diarios, y mantener unidos al resto de miembros de la colmena (Herrero, 2004, p.5).

Para realizar lo antes mencionado segrega una sustancia que recibe el nombre de “feromona”, que se expande por toda la colmena. De esta forma, además, se frena la construcción de celdas reales y se impide el desarrollo de los ovarios de las abejas obreras (Herrero, 2004, p.5).

Cuando la vieja reina decae en su puesta o no segrega suficiente feromona, las abejas construyen realeras y depositan en ellas jalea real para obtener una nueva madre. La reina vive unos cinco años y continuamente es rodeada por su corte de abejas y alimentada siempre con jalea real (Herrero, 2004, p.5).

1.1.1.2 *Las abejas obreras*

Se desarrollan en celdas normales y forman la población más numerosa: 70.000 en primavera y unas 20.000 en invierno y cumplen muchas funciones. Nada más tras nacer trabajan de limpiadoras, retirando de las celdillas los residuos. Al cuarto día se convierten en nodrizas y alimentan a las larvas y dan calor al nido de cría. A partir del décimo día atienden a la reina como damas de honor. Posteriormente actúan como ventiladoras, segregan cera, fabrican miel, retiran los cuerpos extraños y velan por la seguridad de la colmena (Herrero, 2004, p.6).

Finalmente, a los veinte días y hasta su muerte, salen al campo en busca de néctar, polen, propóleos y agua. Suelen moverse en un radio de acción de 3 kilómetros, siendo su velocidad media de 30-40 km/hora, llevando a cabo unos 40 vuelos diarios y visitando unas 400 flores de la misma especie. Al regresar reconocen su colmena por el color, su forma y su posición. Entre ellas se distinguen por el olor, pues cada colonia tiene el suyo característico (Herrero, 2004, p.6).

Si una abeja recolectora descubre una fuente de alimento, al regresar a la colmena indica a sus compañeras dónde está situada y a qué distancia se encuentra. Para ello “baila”, describiendo una serie de círculos (Herrero, 2004, p.6).

La vida de las abejas es muy corta: las que nacen en primavera mueren a los 40 o 50 días; por el contrario, las que nacen en otoño viven unos cinco meses, hasta que enlazan con sus nuevas compañeras, en la primavera siguiente. Su principal alimento es la miel (Herrero, 2004, p.6).

1.1.1.3 *Los zánganos*

Nacen de un huevo no fecundado. En cada colmena suele haber de 500 a 1.500. Cumplen una doble función: fecundar a la reina y proporcionar calor al nido de cría. Algunos dicen que también llevan agua, pero no es cierto (Herrero, 2004, p.7).

Su vida es efímera, de dos a tres meses, dependiendo de que haya néctar suficiente o reinas vírgenes. Si no es así, son expulsados de la colmena y vilmente exterminados. Es el fenómeno conocido con el nombre de “la matanza de zánganos”. Y ellos no pueden hacer nada para defenderse, salvo huir, porque carecen de aguijón (Herrero, 2004, p.7).

1.2. **Varroasis**

La varroasis es la enfermedad más grave de las abejas a nivel mundial. Afecta tanto a las abejas adultas como a sus crías, generando alta mortalidad en las colonias sin tratamiento oportuno. En esta parasitosis, el número de parásitos aumenta gradualmente con el incremento de la actividad reproductora, y el crecimiento de la población de abejas; especialmente al final de la temporada, donde puede reconocerse por primera vez los signos clínicos de la infestación (Servicio Agrícola y Ganadero, 2018, p.40).

En la actualidad representa un problema importante ya que se reducen los rendimientos y se produce mayor mortalidad de las colmenas enteras, influyendo directamente en pérdidas económicas para la actividad apícola (Fríjoli & Poffer, 2013, p.2).

La varroa está aquí, y esta para quedarse, ya no existe la apicultura libre de esta plaga como lo fue años atrás, y su parasitismo ha desatado una ola de nuevas enfermedades por causa de la dinámica que existe entre la forma de alimentarse y la introducción de virus en la anatomía de la abeja (Pérez, 2015, p.7).

No es la mordedura lo que mata a las abejas cuando la varroa se alimenta de ellas; son los virus y las enfermedades que estos causan en ellas, que es lo que aflige y aniquila las abejas.

Indudablemente, la salud de la colmena en este siglo, depende de gran manera, en la cantidad de varroa que existe o le es permitido existir en nuestras colmenas (Pérez, 2015, p.7).

La infestación que origina éste ácaro generalmente ocasiona la muerte de las colonias de abejas dentro de 2 a 4 años de iniciada la infestación; sin embargo, cuando una alta proporción de las abejas de una colonia están parasitadas, el colapso de la colonia puede ser previsible (Medina et al., 2011, p.313).

1.2.1 Origen y distribución

La varroasis es una infección parasitaria causada por un ácaro externo, *Varroa destructor*, pariente lejano de un ácaro muy similar, *Varroa jacobsoni*, descubierto en el sudeste asiático, en Java, en 1904. En su región de origen el parásito se reproduce exclusivamente sobre la puesta de machos de *Apis cerana*, especie distinta de la *Apis mellifera*. Varroa fue vista por primera vez en 1959 sobre *Apis mellifera*, en la que ataca a la cría de machos y a la de obreras (Jean-Prost, 2006, p.259).

La varroa parasita, dos especies de abejas: *Apis cerana* y *Apis mellifera*. Sobre *Apis cerana* el ácaro no causa daños graves, fundamentalmente debido a que solo se reproduce en celdas de cría de zángano y a un comportamiento de defensa que poseen las abejas obreras (Moreno, 2008, p.24).

Por el contrario, la interacción entre varroa y *Apis mellifera* no se encuentra en equilibrio. En esta especie el ácaro tiene la capacidad de reproducirse tanto en celdas de zángano como de obreras. La reproducción es mucho mayor y por lo tanto puede llegar a causar la muerte de las colmenas (Moreno, 2008, p.24).

En el sudeste asiático el agente de la varroasis se ha extendido rápidamente en todas direcciones: Japón, Rusia, otros países de Europa, África del Norte, América del Sur y después la del Norte. En la actualidad pocos territorios escapan de la invasión (Australia está todavía indemne) (Jean-Prost, 2006, p.259). En 1971, apicultores de Paraguay importaron abejas desde Japón, introduciendo el parásito en América del Sur (Moreno, 2008, p.24).

En ausencia de un tratamiento, las colonias de abejas infestadas están expuestas a desaparecer. Como han sucumbido no solamente las poblaciones abandonadas, sino también aquellas a las que les ha faltado, en el tiempo requerido, los cuidados indispensables (Jean-Prost, 2006, p.260).

Hoy en día, los acaricidas más eficaces, administrados en el momento más favorable y en las condiciones que nos parecen las mejores, no eliminan la totalidad de las varroas. Las diferentes formas de reinfestación obligarían, al menos al apicultor a tratar todos los años sus colmenas con una u otra de las sustancias activas (Jean-Prost, 2006, p.260).

La batalla contra varroa se ha convertido en una operación a incluir en el ciclo de los trabajos apícolas habituales. Es hoy más necesaria que las intervenciones corrientes: alimentación, cambio de reina, recolección, etc. Al mismo tiempo que se simplifica la lucha anti-varroa, ganando en eficacia con un menor precio, las investigaciones científicas progresan hacia un mejor conocimiento de la biología del parásito (Jean-Prost, 2006, p.260).

1.2.2 Etiología

Varroa destructor es un ácaro que presenta dimorfismo sexual. Esto quiere decir que la hembra y el macho se diferencian en forma y tamaño. Las hembras adultas tienen la forma de un escudo oval, el cuerpo deprimido dorso ventralmente, son de color pardo rojizo y de un tamaño que varía aproximadamente entre 1,2 mm de largo por 1,5 mm de ancho (Agrocalidad, 2014, p.12).

Su cuerpo está recubierto de vellos delgados que cumplen la función de palpación y les permiten fijarse a las abejas adultas durante el vuelo. Tienen cuatro pares de patas gruesas y cortas cuyos tarsos finalizan con unas ventosas que les permite fijarse a superficies planas. Su aparato bucal está adaptado para picar y chupar (Agrocalidad, 2014, p.12).

El período de vida de una varroa puede ser de algunos días o de varios meses, dependiendo de la temperatura, la humedad y de la actividad reproductiva. Los machos son más pequeños, miden de 0,4 a 0,8 mm y presentan un color blanquecino grisáceo o amarillento. Pueden encontrarse solamente en las celdas de las crías. Los machos tienen sus quelíceros adaptados para la transferencia de esperma, por lo que no pueden alimentarse (Agrocalidad, 2014, p.12).

1.2.3 *Ecología*

La varroa puede encontrarse en regiones tropicales, subtropicales y templadas. La tendencia de crecimiento es mayor en regiones tropicales que en regiones templadas y subtropicales, debido a que en las regiones tropicales el desarrollo de las abejas es un poco más rápido. En clima templado, las colmenas que se encuentran sin tratar contra varroa pueden colapsar dos a cuatro años después de la primera infestación (Arévalo, 2018, p.9).

1.2.4. *Ciclo biológico del parásito*

La varroa es un ácaro (parásito) que necesita a la cría y a la abeja adulta para su desarrollo. Los ácaros dependen de las abejas adultas para transporte y al mismo tiempo se alimentan de su hemolinfa (fase forética), antes de infestar una celda con cría para iniciar su reproducción (fase reproductiva) (Castillo, 2013, p.15).

1.2.4.1 *Varroa sobre la cría*

Es importante indicar, que el ácaro se reproduce estrictamente en la cría operculada. La hembra fecundada del ácaro abandona la abeja adulta penetrando en una celda de cría justamente antes de ser operculada (celdas de obreras o zánganos, a las 20 y 40 horas respectivamente, antes de ser selladas). Dentro de la celda, el ácaro se desplaza hacia el fondo de la misma y se sumerge en el alimento de la larva. Se traslada hacia la pupa para alimentarse e iniciar la postura de huevos (Castillo, 2013, p.15).

Es posible que más hembras de varroa parasiten la misma celda. La ovoposición del ácaro inicia 60 a 70 horas después de estar sellada la celda. La hembra ovoposita entre 5 y 6 huevos, un huevo a la vez, a intervalos de 30 horas entre ellos (Castillo, 2013, p.15).

Del primer huevo emerge el único macho y del resto las hembras, que son de 4 a 5 ácaros. El desarrollo completo del huevo al ácaro adulto requiere 6.5 días el macho y 5.5 días la hembra. El macho fecunda a todas las hembras dentro de su celda (Castillo, 2013, p.15).

El macho de la varroa muere en la celda, mientras cuando la pupa de la abeja se ha desarrollado hacia la abeja adulta e inicia su salida de la celda, las hembras fecundadas de varroa salen con la abeja adulta e inician su fase forética, para la diseminación del parásito dentro de la colmena. Después de una semana la nueva hembra fecundada entra en una celda que está pronto por sellar, para empezar un nuevo ciclo de reproducción (Castillo, 2013, p.15).

1.2.4.2 *Varroa sobre los insectos perfectos: zánganos y obreras*

Al salir de su celda, la obrera o el zángano parasitado lleva una o varias hembras de varroa: la fundadora antigua y sus hijas. Los ácaros cambian rápidamente de huésped para parasitar preferentemente a las obreras nodrizas (Jean-Prost, 2006, p.265).

De la misma forma que sobre la larva y la ninfa de la abeja, la hembra de varroa perfora para alimentarse el revestimiento quitinoso del imago y chupa la hemolinfa. Esta punción provocadora de anemia reduce la actividad y la longevidad de la abeja. Además de la perforación del tegumento abre la barrera que hasta entonces protegía al insecto de las bacterias virus y otros agentes patógenos (Jean-Prost, 2006, p.265).

Las hembras varroa tienen una preferencia muy neta para las abejas nodrizas, más susceptibles de acercarse de la cría, lo que ofrece más oportunidades a los ácaros para entrar en la cría. Las demás varroas, foréticas de abejas cosechadoras, constituyen el factor principal de la diseminación de la especie, ya que aprovechan la deriva de las cosechadoras y del pillaje para invadir nuevas colmenas. De esta manera, durante un día de gran actividad, hasta 70 varroas por día pueden llegar a una nueva colmena (Vandame, 2000, p.9).

El número de ciclos reproductivos realizados por cada hembra varroa todavía no se conoce bien. En condiciones artificiales, se demostró que una Varroa madre puede realizar hasta 7 ciclos, así produciendo un potencial de 35 descendientes. Este número, sin embargo, es menor en condiciones naturales, ya que sólo 30% de las varroa madres realizan un primer ciclo reproductivo, 21% un segundo ciclo, y 14% un tercer ciclo (Vandame, 2000, p.9).

1.2.5. *Trasmisión de una colonia a otra*

1.2.5.1 *Transmisión natural*

En la colmena, las varroas pasan muy fácilmente de una abeja a otra. Zánganos y obreras transportan y transmiten el parásito de una colonia a otra. En efecto: los zánganos cambian corrientemente de colmena e incluso de colmenar. Ya vengan de colmenas próximas o lejanas, prefieren introducirse en las poblaciones que contengan reina virgen o celdas reales (Jean-Prost, 2006, p.268).

Las obreras derivan en las colonias vecinas. De una colmena a otra, la deriva juega un papel esencial: las pecoreadoras se equivocan de colmena alrededor de una salida e integran a otra colonia. Estas abejas, portadoras de varroas, van entonces a infestar a las colonias vecinas (Jean-Prost, 2006, p.268).

La obrera puede también realizar pillajes en una colonia más débil y participar en la transmisión del parásito; o incluso abejas parasitadas abandonan su colonia moribunda hacia colonias vecinas; un enjambre lleva en sus abejas parásitos de la colonia de origen (Jean-Prost, 2006, p.268).

1.2.5.2 *Transmisión por el apicultor*

Las intervenciones del apicultor amplifican considerablemente la propagación natural del parásito. Son por ejemplo:

Las inspecciones que al molestar mucho o poco a las abejas; acentúan la deriva y ocasionan el pillaje; las transferencias de cuadros de una a otra colmena, muy especialmente los de cría operculada; la enjambrazón artificial en todas sus formas (Jean-Prost, 2006, p.268).

La varroa se hace transportar de unas colmenas a otras tanto más fácilmente cuanto más próximas estén las unas de las otras. Una fuerte densidad de colonias acentúa, pues, los riesgos de infestación (Jean-Prost, 2006, p.269).

1.2.6 *Condiciones favorables o desfavorables para el parásito*

Una fuerte mielada, la alimentación con azúcar y el clima meridional favorecen el desarrollo del parásito. Este está en relación directa con el desarrollo de la cría que favorece el de las varroas (Jean-Prost, 2006, p.269).

Por el contrario, la interrupción de la cría por el reposo vegetativo en verano, la enjambrazón artificial por orfandad y el cambio de reina cada año, o cada dos años, entorpecen la progresión de la varroa (Jean-Prost, 2006, p.269).

1.2.7 *Cuadro clínico*

Cuando los niveles de infestación son bajos, no hay manifestación evidente de la enfermedad. Cuando hay alto grado de parasitismo pueden verse abejas con alas y patas deformadas y el abdomen reducido. En los marcos del nido de cría pueden verse los opérculos roídos y cría salteada (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.20).

Se podría visualizar sobre la plancha de vuelo (piquera) crías muertas que han sido extraídas por las abejas limpiadoras. Si la cría sobrevive la abeja adulta presentará cambios en el comportamiento, acortamiento de su vida, y un incremento en la sensibilidad a las enfermedades víricas y bacterianas (Servicio Agrícola y Ganadero, 2018, p.41).

Se evidencia una falta de vitalidad en las abejas recién nacidas, y muerte prematura. El parasitismo es crítico cuando se introduce más de una V. destructor a la celdilla para reproducirse; las larvas o pupas fuertemente parasitadas, con más de 8 ácaros, mueren (Servicio Agrícola y Ganadero, 2018, p.41).

Se describe que a partir del 3% de infestación en su fase forética y 6% de en su fase reproductiva comienzan a manifestarse signos de la enfermedad en la colmena; sin embargo si la colmena se encuentra debilitada podrían manifestarse antes, y si las condiciones no son las adecuadas para el ácaro por el comportamiento higiénico de la colmena podría hacerlo después (Servicio Agrícola y Ganadero, 2018, p.41).

Si una colmena entra a la invernada con niveles de infestación superiores al 5%, es muy probable que esa colonia muera, pues en verano, se produce una mayor intensidad del parasitismo al achicarse la colonia. Muchas colonias en esta situación suelen fugarse de la colmena en pleno invierno dejando un puñado de abejas y las reservas (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.20).

1.2.8. Daños ocasionados

1.2.8.1 Directos

Los daños que ocasionan pueden clasificarse como directos e indirectos. Entre los primeros, si no se produce el enjambre o directamente la muerte de la colonia, se puede mencionar una reducción del peso de las abejas y reducción del tiempo de vida. Tienen más posibilidades de desorientarse al regresar a la colmena, se reduce las proteínas y los cuerpos grasos de la hemolinfa, por lo que aumenta la susceptibilidad de ciertos tóxicos (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.19).

Si las abejas estuvieron parasitadas durante su desarrollo en la celda, además de nacer con deformidades y de menor tamaño, la glándula hipofaringea puede sufrir hipoplasia. En los casos de alto parasitismo, la abeja no logra nacer y permanece muerta en la celda (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.19).

Disminución de la longevidad de las abejas. La debilidad de las abejas por el ataque de *V. destructor* puede incluir la reducción de peso de las abejas pecoreadoras por la desnutrición de las mismas al bajar los niveles de agua, proteínas y concentraciones de hidratos de carbono, lo cual

puede traer consigo la disminución de la esperanza de vida de las abejas adultas, limitando a la mitad la vida de la abeja (Tapia, 2010, p.57).

1.2.8.2 *Indirectos*

Dentro de los daños indirectos, puede mencionarse la posibilidad de contaminación de la miel y otros productos de las colmenas por medio de los acaricidas de síntesis. Además, como ya fue mencionado, puede transmitir enfermedades de tipo viral (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.19).

Síndrome de despoblamiento de colmenas (CCD – Colony Collapse Disorder), fenómeno aún no explorado totalmente, detectado en el hemisferio norte, se viene notando desde el 2008, cuya característica es que las colmenas comienzan poco a poco a disminuir la población de abejas, al intensificarse el ataque, de varroas sobre todo en colmenas débiles, más aún en colmenas donde no se han dejado las reservas suficientes de miel, polen, y donde se alimenta con sustitutos de la miel, como los jarabes hechos con azúcar (Cabrera, 2012, p.4).

En colmenas que se encuentren afectadas por varroa, comienza a aparecer signos de cría salteada, los panales se vuelven de color concho de vino y de mal aspecto, debilitándose el sistema inmune de las abejas; esto es un mal generalizado tanto en la Sierra como en la Costa, donde casi todos los colmenares han perdido un 40 % de sus colmenas, con graves perjuicios para la producción (Cabrera, 2012, p.4).

Disminución de resistencia a pesticidas, ya que con una falta de reducción de proteínas en su hemolinfa se disminuye la resistencia del organismo ante el ataque de pesticidas (Tapia, 2010, p.57).

1.2.9. *Diagnostico*

Toda estrategia de control para que sea eficaz deberá considerar un paso previo que es el diagnóstico. El cual permite conocer los niveles de infestación del parásito para decidir si es el

momento adecuado para el tratamiento, con el consecuente beneficio económico (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2010, p.9).

Hoy es prácticamente imposible encontrar colmenas en las regiones de mayor producción que no tengan varroas parasitando las colonias. Es por ello que los métodos de diagnóstico se orientan a determinar de manera cuantitativa la presencia del parásito, estimando los porcentajes de infestación (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.20).

Cuando no existe ninguna referencia sobre el apiario que se quiere revisar, se debe focalizar la atención en las celdas de zángano, dado que la varroa tiene preferencia por este tipo de celdas. Se toma un objeto cortante (puede ser un bisturí, aguja, etc.) con el cual se desoperculan las celdas y se observa detenidamente. Si el ácaro está presente se ve adherido a los cuerpos de las larvas o pupas y contrasta sobre el color perla de la cría por su color marrón rojizo (Moreno, 2008, p.29).

También se debe examinar el interior de las celdas, ya que el ácaro podría encontrarse sobre el fondo y paredes de las mismas y no adherido a la cría. Para ello es conveniente utilizar una linterna o colocar el cuadro de cría bajo una luz fuerte (Moreno, 2008, p.29).

En una apicultura competitiva se debe mantener bajas cargas de esta parasitosis durante todo el proceso productivo. Para ello, el momento más importante es el comienzo de la “invernada”, en el cual se monitorean las colmenas para determinar la prevalencia de varroa. En esa época la carga de la enfermedad no debiera superar un 0.5% de infestación. El momento y la cantidad de monitoreo se debe ajustar de acuerdo a la realidad de cada región, pero como mínimo se deben realizar a fines de mielada, pre tratamiento, post tratamiento y salida del invierno (Fríjoli & Poffer, 2013, p.2)

1.2.9.1 *Diagnóstico en cría*

Debido a su distribución sobre el panel de cría, a fin de obtener datos más precisos, se hace necesario desopercular entre 50 y 100 celdas determinadas en forma de cruz sobre la cara del panel y se procede a la observación cuidadosa tanto de la cría como del fondo y paredes de las

celdas. Los ácaros adultos (color marrón rojizo) y formas inmaduras (color blanco perláceo) se observarán a simple vista (Moreno, 2008, p.29).

Para cuantificar el porcentaje de infestación se determina:

- Número de celdas examinadas (totales).
- Número de celdas con ácaros (parasitadas).
- Divida el número de celdas parasitadas por el número de celdas totales y multiplique por 100.

1.2.9.2 *Diagnóstico en abejas adultas*

También se puede detectar la presencia de varroa sobre las abejas adultas. Para ello se deben "cepillar" como mínimo 200 abejas (con cuidado de no incluir a la reina) dentro de un recipiente con agua y detergente y agitarlo fuertemente durante unos minutos. Posteriormente se vacía el contenido del recipiente a través de una malla que retenga las abejas y deje pasar los ácaros y se examina la muestra para cuantificar el número de parásitos (Moreno, 2008, p.29).

Para cuantificar el porcentaje de infestación se determina:

- Número de ácaros presentes.
- Número de abejas en la muestra.
- Divida el número de ácaros encontrados por el número de abejas adultas y multiplique por 100.

Para obtener una mejor referencia sobre el grado de infestación, es conveniente realizar tanto el muestreo sobre las celdas de cría como sobre las abejas adultas para cada colmena elegida. Así, se tendrá una idea más certera sobre la proporción de parásitos presentes en el apiario (Moreno, 2008, p.30).

1.2.9.3 *Conteo de ácaros caídos*

Se basa en estimar la población de varroa en las colmenas a través del monitoreo de la cantidad de ácaros que caen naturalmente (Castillo, 2013, p.17).

Colocar una cartulina o lamina de aluminio grasosa por la piquera de la colonia durante 24 horas, sacarla, contar el número de varroa pegadas Si cayeron menos de 10 Varroa en 24 horas, la colonia no necesita tratamiento con urgencia. Si cayeron más de 10 Varroa en 24 horas, la colonia requiere un tratamiento. Este método es el más fácil de todos, por lo cual es el más recomendable (Vandame, 2000, p.10).

1.2.10 *Importancia de un diagnóstico precoz*

Es posible luchar con éxito contra la enfermedad solo durante las dos primeras etapas; por esta razón la obtención de un método de diagnóstico rápido sería fundamental para el control, y así limitar los daños causados por la propagación; se han realizado ensayos de diferentes métodos con los que se han recogido resultados “satisfactorios” que han ayudado para una detección más rápida y eficaz de este parásito (Moreno, 2008, p.30).

El diagnóstico se basa en signos clínicos y cambios morfológicos en la abeja, además de la identificación del parásito en las colmenas, se realiza tanto dentro de las colmenas como en el laboratorio (Moreno, 2008, p.30).

Como se mencionó anteriormente, un signo de la enfermedad es la aparición en la colmena de abejas deformes con alas defectuosas, abdómenes o patas cortas. Sin embargo estos síntomas

tardan en aparecer y se manifiestan ante un avance importante de la enfermedad, momento en el cual ya se han producido serias pérdidas (Moreno, 2008, p.30).

Por lo tanto reviste suma importancia el diagnóstico precoz de la parasitosis, a fin de adecuar los tratamientos y el manejo al sistema de producción en sí (Moreno, 2008, p.30).

1.2.11 *Prevención y lucha*

Hoy en día, la palabra lucha ha perdido su sentido fuerte. Gracias a los nuevos métodos de que disponemos, hay que hablar mejor de protección o incluso de limitación de la infestación a un nivel aceptable. La prevención ya no tiene su sentido etimológico. Ya no se prohíbe la entrada de las colmenas a varroa: ya habita en ellas (Jean-Prost, 2006, p.274).

Es imposible erradicar la varroa considerando la existencia inevitable de enjambres naturales. El sacrificio general de las poblaciones infectadas no proporciona ningún éxito en el saneamiento, ya que por lo regular, cuando se descubren los ácaros, ya están infestados otros emplazamientos (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.22).

La estrategia se centra en combinar medidas en la explotación apícola con tratamientos acaricidas para reducir la población de parásitos, frenar su difusión, y con ello atenuar las pérdidas económicas. A tal efecto resultan imprescindibles el escrupuloso control del estado de salud de las abejas y la decidida y disciplinada colaboración de los apicultores trabajando conjuntamente a nivel regional (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.22).

1.2.12. *Tratamiento*

Se han trabajado con alrededor de 150 remedios para tratar la enfermedad, pero ninguno ha sido 100% efectivo por el grado de resistencia que el parásito ha logrado obtener. Muchos productos químicos usados muestran efectos colaterales indeseables, tanto para el usuario como para las abejas, algunos son muy tóxicos, mientras que otros son cancerígenos y mutagénicos (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

Lo ideal para el control de la varroasis, sería contar con herramientas de tipo biológico. De esta manera evitaríamos los riesgos de contaminación de los productos de la colmena con agentes químicos y los riesgos de sus efectos tóxicos sobre las abejas y sus crías (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

Desafortunadamente, por las características del ciclo biológico de la varroa, no hay posibilidades de intervenir en su etapa reproductiva mediante, por ejemplo, la TIE: Técnica de Insecto Estéril o machos estériles, que evita la descendencia de las plagas en otras actividades productivas (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

El asunto de tratar tus colmenas se puede sintetizar de la siguiente forma; es necesario mantener nuestras abejas vivas, aun en el proceso de protegerlas contra los males que las quieren matar. Un apicultor que desconoce con exactitud las formas de tratar, es aún más peligroso que la varroa que intenta matar cuando al aplicar tratamientos, causa más males que bienes (Pérez, 2015, p.8).

1.2.12.1 *Control químico*

Podemos definir como un producto “ideal” a aquel que no altera el funcionamiento interno de la colonia, que es práctica su aplicación, el que presenta mayor eficacia con la menor cantidad de aplicaciones, que no signifique un riesgo de contaminación de la miel y la cera, que no sea perjudicial para la salud humana y que sea de bajo costo (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

Inicialmente los agentes químicos se suministraron en las colmenas mediante fumigación, evaporación y en forma de spray. Poco tiempo después de comenzadas las experiencias se observó que el amitraz y el bromopropilato presentaban un fuerte efecto acaricida y ambos productos se registraron bajo distintas marcas comerciales. A ellos les siguieron más tarde otros principios activos (Moreno, 2008, p.31).

Existen varios métodos para el control de la varroasis mediante diferentes productos con distintas formas de acción y elaborados con diferentes principios activos (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

1.2.12.2 *Control alternativo*

Resistencia natural: La abeja asiática (*Apis cerana*) mantiene bajo los índices de prevalencia del ácaro debido fundamentalmente a la presencia de ciertos mecanismos de resistencia. Algunos autores han mostrado que las abejas son capaces de detectar y remover pupas infestadas con el parásito. En *Apis mellifera*, se han realizado estudios que comprueban dicho mecanismo denominándose comportamiento higiénico o comportamiento de remoción (Moreno, 2008, p.30).

Este fenómeno consiste en implementar un sistema de selección y mejoramiento genético identificando y eligiendo para la reproducción de material vivo, las colonias que presentan una menor susceptibilidad a la enfermedad, dada por la capacidad de eliminar las varroas adultas y de detectar y remover las crías afectadas por el parásito (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

Sin embargo, es probable que todo este mecanismo de selección, lleve mucho tiempo hasta que pueda extenderse a las distintas regiones geográficas y que sean aplicables como única herramienta para el control del ácaro. Por el momento nos vemos obligados a la utilización de productos químicos, de síntesis u orgánicos (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.22).

Métodos biológicos: Consiste en utilizar un agente patógeno de la varroa. Virus, bacterias, hongos y predadores específicos pueden ser considerados para luchar contra el ácaro. Actualmente trabajan varios equipos de investigación para tratar de encontrar virus que sean específicamente patógenos de la varroa, pero hasta el día de hoy todavía no se ha presentado ningún método eficaz (Jean-Prost, 2006, p.284).

Recientemente se han descubierto hongos patógenos de la varroa y los investigadores intentan caracterizar su eficacia en la lucha contra la varroa (Jean-Prost, 2006, p.284).

Métodos de control biotécnicos: Se conocen como métodos biotécnicos aquellos relacionados con el control de la parasitosis sin la utilización de agentes químicos. Existen diversos métodos de control biotécnico, tales como, tratamientos térmicos, formación de núcleos mediante un sistema

rotatorio, introducción de cuadros zanganeros y extracción de los mismos cuando han sido operculados y otros. Este último es un buen método para reducir el número de ácaros en las colmenas. Sin embargo, por sí solo no es suficiente para un control eficaz de la parasitosis y es conveniente complementarlo con otro tipo de control (Moreno, 2008, p.33).

Los productos orgánicos poseen posiblemente aplicación en apicultura biológica utilizados conjuntamente a otros métodos que involucren sustancias naturales, siendo impracticables en explotaciones a escala (Moreno, 2008, p.33).

1.2.12.3 *Formas de acción de los acaricidas*

- **Sistémicos:** Ingeridos por las abejas. Por medio de la hemolinfa, produce la muerte de los ácaros que se encuentran sobre las abejas adultas. El inconveniente en la utilización de los productos que actúan de esta manera, es que hay que repetir las aplicaciones por lo que tiende a ser menos práctico que los de contacto (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).
- **De contacto:** También eliminan solo las varroas de las adultas, pero quedan dentro de la colmena por más tiempo y permanecen activos durante todo el ciclo reproductivo de las varroas. Es por eso que con una sola aplicación de alguno de estos productos, basta (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

1.2.12.4 *Formas de administración*

- **Humos o gases:** Son volteadores de ácaros que parasitan abejas adultas. Se aplican por medio de gasificadores de propano o con el ahumador (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).
- **Por evaporación:** Así actúan las sustancias orgánicas. Esto está íntimamente relacionado con la temperatura ambiente y las características de los soportes y dosificadores (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.23).

- Solución: Hay ciertos productos que se aplican puros en recipientes dentro de la colmena y gracias a la bioventilación producida por las abejas, se difunde. También puede mencionarse dentro de este grupo a los que se aplican en el jarabe para su acción sistémica (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.24).
- Tiras de liberación lenta: son tiras por lo general plásticas, que por el contacto con las abejas liberan lentamente las partículas del activo (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria, 2005, p.24).

Un problema adicional que generan los tratamientos químicos es la aparición de residuos de pesticidas en la miel, aunque en niveles muy bajos, estos pueden aparecer aun cuando los productos son utilizados siguiendo las recomendaciones indicadas. La cera también presenta residuos de pesticidas y aún más que la miel, dado que la mayoría de los acaricidas utilizados son solubles en las grasas (Moreno, 2008, p.31).

Por otro lado, los ácaros pueden generar resistencia hacia los acaricidas y minimizar su efecto. Esto implica dosis cada vez más altas que traen aparejado una mayor concentración de residuos en los productos de la colmena (Moreno, 2008, p.31).

1.2.12.5 *Algunos productos utilizados en la actualidad*

- Timol

De los aceites esenciales, tenemos una gran variedad que cumple con la encomienda de aliarse a nuestra lucha contra la varroa. A pesar que existen muchos aceites esenciales que aportan algo en la lucha, no existe uno igual que el Timol por su probada efectividad en el campo y de acuerdo a reportes de parte de los mismos apicultores (Pérez, 2015, p.8).

El timol puede presentarse en cristales o en aceite, y se puede incorporar a las colmenas de forma pura, o en tortas de manteca vegetal para retardar su impacto inicial y alargar su durabilidad y de

esa manera, lograr una herramienta que combata por un tiempo considerable y durante los diferentes ciclos de desarrollo de la Varroa (Pérez, 2015, p.8).

Se concediera el método más sencillo de todos el pesar o medir con la cuchara 4 gramos de timol en polvo y vaciarlo en una tapa, se colocan 2 tapas de plástico con 4 gramos de timol por colonia, en la cámara de cría y sobre los cabezales de bastidores. Lo ideal es poner el tratamiento a dos esquinas de la cámara, a los extremos uno del otro, se puede aplicar 2 o 3 veces. (Vandame, 2000, p.20).

- Ácido oxálico

Es un compuesto químico orgánico, el más sencillo de los ácidos dicarboxílicos; su nombre deriva del griego oxis (agudo, ácido) y alude a la acidez común en el follaje de ciertas plantas (principalmente Oxalis y Rumex), de las cuales fue primeramente aislado (Nanetti, 2007, p.48).

El ácido oxálico se encuentra presente en forma natural en muchas formas de vida, incluyendo al hombre, y es consumido en la dieta regular. La miel también contiene ácido oxálico, es decir que al utilizarlo contra la varroa y por no ser degradable, no contamina la miel (Nanetti, 2007, p.48).

Dentro de las armas que tenemos en la apicultura contra la varroa, el ácido oxálico es efectivo, barato, inofensivo para el apicultor, pero, si no se tiene estricto control en las dosis recomendadas, terminaras aniquilando no solo la varroa, sino tus abejas también (Pérez, 2015, p.8).

- Ácido Fórmico

Siendo uno de los componentes naturales de la miel, es efectivo contra la varroa si se utiliza de forma metódica y efectiva. Se requiere de 4 a 6 tratamientos seguidos para controlar la población de la varroa, y esto, lo hace muy costoso en tiempo y esfuerzo para el apicultor. Existen productos que tienen la forma de controlar la dosis aplicada adentro de la colmena, y la gran ventaja de este producto, es que no deja residuos en la miel o la cera. Este producto también combate la nosema, la cría de cal y parásitos traqueales (Pérez, 2015, p.8).

En el interior de las colmenas, el ácido actúa por evaporación alcanzando tanto a los ácaros que se encuentran sobre la abeja adulta como a los que están en fase reproductiva dentro de las celdas de cría. Los ácaros afectados por ácido fórmico, a través de su sistema respiratorio, muestran una inhibición de la respiración y aparecen fuertemente acidificados, aunque no muestran necrosis de sus tejidos ni efectos corrosivos (Pérez, 2015, p.8).

1.3. Cloruro de litio

El cloruro de litio, cuya fórmula química es LiCl , es una sal formada por cloro y litio en proporción 1:1. Es un haluro metálico antiviral utilizado en una variedad de ensayos para estudiar el destino celular y la neurobiología (Díaz, 2015). <https://www.lifeder.com/cloruro-de-litio/>

1.3.1 Aplicaciones del Cloruro de Litio

Utilizado como electrolito para baterías secas de baja temperatura y como catalizador de oxidación. Es un solubilizante para poliamidas y celulosa cuando se utiliza con disolventes de amida, y es un agente clorador para sustratos de esteroides (Díaz, 2015). <https://www.lifeder.com/cloruro-de-litio/>

En aplicaciones más especializadas, el cloruro de litio encuentra algún uso en la síntesis orgánica, por ejemplo, como aditivo en la reacción de Stille. También, en aplicaciones bioquímicas, puede ser usado para precipitar ARN de extractos celulares (Díaz, 2015). <https://www.lifeder.com/cloruro-de-litio/>

El compuesto tiene aplicaciones farmacológica como antimaníacos, que son agentes utilizados para tratar trastornos bipolares o manía asociados con otros trastornos afectivos (Díaz, 2015). <https://www.lifeder.com/cloruro-de-litio/>

1.3.2 *Investigaciones en el control de Varroa a base de cloruro de litio*

A mediados de febrero 2018 se publicó un artículo en donde se obtenían resultados exitosos de eliminación completa de varroa en condiciones de laboratorio, en una versión periodística aparecida en el sitio <https://ecocolmena.com/> donde se explica en detalle como aplicaron el cloruro de litio en condiciones de laboratorio (Chacón, 2018). <https://sites.google.com/site/view/apicultura-en-el-ingenio>

Se trabajó con grupos de abejas confinadas en cajas y en ambiente controlado para asegurar su sobrevivencia, cada abeja con su correspondiente varroa, a las que alimentaron con jarabes de diferentes concentraciones de cloruro de litio, desde las más bajas concentraciones (5 mM) hasta las más altas (50 mM), el efecto fue la muerte de todas las varroas, más rápido en las altas y más lento en las bajas. Y el cloruro de litio, en todos los casos, no mostró efectos adversos en las abejas (Chacón, 2018). <https://sites.google.com/site/view/apicultura-en-el-ingenio>

La prueba de campo implica un fuerte cambio con respecto a las pruebas de laboratorio, en el que las abejas confinadas están obligadas a alimentarse del jarabe dentro de la caja: las abejas de la colmena siguen saliendo a buscar néctar, y no hay cómo saber cuánto del jarabe que está en el alimentador y que las abejas sacan del alimentador va a ser usado en alimentar abejas y/o larvas, ni en cuanto tiempo (Chacón, 2018). <https://sites.google.com/site/view/apicultura-en-el-ingenio>

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Localización y duración del experimento

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en el barrio Las Pumarolas, parroquia Calpi, ubicado a 8 km del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo: la misma que tuvo una duración de 60 días, cuyas condiciones meteorológicas se reportan en la tabla 1-2.

Tabla 1-2. Condiciones meteorológicas de la zona.

PARÁMETROS	VALORES PROMEDIO
Heliofanía (h/luz)	165,15
Temperatura (°C)	13,8
Precipitación (mm)	486,4
Humedad relativa (%)	63,2
Altitud (msnm)	3250

Fuente: Estación Agrometeorológica de la Facultad de Recursos Naturales, ESPOCH. (2018).

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

2.2 Unidades experimentales

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron 12 colmenas tipo Langstroth de una sola alza completa (cámara de cría), a las cuales se aplicó diferentes niveles de cloruro de litio (0,4 – 0,6 – 0,8 g) frente a un testigo sin aplicación, a cada tratamiento se le asignó 3 colmenas dándonos un total de 12 unidades experimentales, siendo el tamaño de la unidad experimental una colmena de una sola alza.

2.3. Materiales, equipos e instalaciones

2.3.1 *Materiales*

- Cloruro de litio (LiCl)
- Azúcar
- Agua
- Vaselina
- Alcohol
- Detergente
- Colmenas tipo Langstroth
- Velo
- Ahumador
- Palanca
- Charola de cartulina

- Tela blanca (tamiz)
- Cepillo
- Lupa
- Embace plástico (1000ml)
- Bisturí o estilete
- Envases plásticos
- Alimentadores

2.3.2 *Equipos*

- Computadora
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Balanza (kg)
- Balanza de precisión

- Reverbero

2.3.3 *Instalaciones*

- Apiario del Ing. William Luzuriaga

2.4 **Tratamientos y diseño experimental**

Se evaluó el efecto acaricida del cloruro de litio (LiCl), frente a un grupo control sin aplicación. Se manejó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 3 repeticiones por tratamiento y una colmena como unidad experimental, por lo que para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable en determinación

μ = Media general

α_i = Efecto de los tratamientos

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

El esquema del experimento que se empleó se muestra en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Esquema del experimento

TRATAMIENTO	CÓDIGO	REPETICIONES	TUE	COL/TRAT.
Testigo (sin aplicación)	T0	3	1	3
LiCl (0,4 g)	T1	3	1	3
LiCl (0,6 g)	T2	3	1	3
LiCl (0,8 g)	T3	3	1	3
TOTAL COLMENAS				12

TUE: Tamaño de la Unidad Experimental

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

2.5. Mediciones experimentales

2.5.1 *Pre-tratamiento*

- N° Varroas caídas/dm²/día
- Porcentaje de infestación de varroa
- Peso inicial colmena (kg)

2.5.2 *Pos-tratamiento*

- N° Varroas caídas/dm²/día.
- Porcentaje de infestación de varroa.
- Porcentaje de infestación durante la aplicación de los tratamientos.

- Eficacia tratamientos (%)
- Pesos final colmena (kg)
- Mortalidad abeja adulta (N°)
- Mortalidad cría (N°)
- Costo de los tratamientos

2.6 Análisis estadístico y pruebas de significancia

Los resultados experimentales que se obtuvieron fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de varianza (ADEVA).
- Separación de medias según la prueba de Tukey, nivel de significancia de $P < 0,05$.

El esquema del análisis de Varianza se detalla en la tabla 3-2.

Tabla 3-2. Esquema del ADEVA.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	11
Tratamientos	3
Error experimental	8

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

2.7. Procedimiento experimental

Para el control de *Varroa destructor* mediante la aplicación de cloruro de litio (LiCl), se realizaron las siguientes actividades:

2.7.1 Diagnóstico de infestación de Varroasis en el apiario

Se realizó la identificación de colmenas que se encuentren con varroa, para lo cual se aplicó la prueba de David De Jong, después de haber reconocido las colmenas infestadas, se procedió a transportar y etiquetar cada una de las colmenas para posteriormente aplicar los tratamientos.

2.7.2. Evaluación de los tratamientos

2.7.2.1 Preparación de materiales para toma de datos

Para la toma de varroa caídas/dm²/ día se utilizó una lámina de cartulina gruesa con dimensiones de 32 x 42,5cm, la cual será colocada en la base de la colmena. Para el % infestación de varroas se utilizó el método de David De Jong. Para el número de abejas y cría muertas durante el tratamiento utilizó una maqueta compuesta de costal con 2 pilares de madera cruzados formando una cuba, la cual será colocada al frente de la piquera.

2.7.2.2 Toma de datos iniciales

La toma de datos iniciales de todas las variables en estudio se realizará 7 días pre-aplicación de los tratamientos.

2.7.2.3 *Preparación de tratamientos*

Antes de la preparación de los diferentes tratamientos se deberá realizar:

Una solución que consiste en disolver 1 Kg de azúcar en 1 litro de agua fría, la que procedemos a calentar hasta que llegue a 60°C y la mantenemos por 15 minutos produciéndose la inversión del azúcar que da como resultado un jarabe casi idéntico al néctar de las flores.

A continuación se describe cada uno de los tratamientos:

- Cloruro de litio (0,4 g).- se preparó un jarabe en relación 0,0004:1:1 (cloruro de litio: agua: azúcar) es decir 1 Kg de azúcar más 1 litro de agua, más 4 ml de solución de cloruro de litio al 10%.
- Cloruro de litio (0,6 g).- se preparó un jarabe en relación 0,0006:1:1 (cloruro de litio: agua: azúcar) es decir 1 Kg de azúcar más 1 litro de agua, más 6 ml de solución de cloruro de litio al 10%.
- Cloruro de litio (0,8 g).- se preparó un jarabe en relación 0,0008:1:1 (cloruro de litio: agua: azúcar) es decir 1 Kg de azúcar más 1 litro de agua, más 8 ml de solución de cloruro de litio al 10%.

Una solución de cloruro de litio al 10% que se la prepara en relación 1:10 (LiCl: H₂O).

2.7.2.4 *Aplicación de los tratamientos*

Se realizaron 3 aplicaciones en cada colmena suministrando 3 litros de jarabe de los diferentes tratamientos (0,4 – 0,6 – 0,8 g) en alimentadores que fueron ubicados en la piquera de cada colmena.

2.7.2.5 *Toma de datos*

Las variables, peso de las colmenas y número de varroas caídas, se tomaron 7 días pre-aplicación y 52 días pos-aplicación de los tratamientos, mientras que los datos correspondientes al % de infestación se tomaron 7 días pre-aplicación, durante la aplicación de los tratamientos y 52 pos-aplicación. La mortalidad de abejas adultas y cría se tomaron todos los días a partir y durante la aplicación de los tratamientos.

2.8. **Metodología de la evaluación**

2.8.1 *Varroa muertas/dm²/día*

Se obtuvo registrando por 5 días seguidos, pre y pos tratamiento la caída de varroa sobre una lámina de cartulina (32 x 42,5cm) untada con vaselina y colocada sobre la base de la colmena, una vez obtenidos los datos se calculó el promedio de caída de varroa por día, el mismo que sirve para obtener una estimación de la población de varroas en la colmena.

Con el resultado obtenido, se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- -de 5 varroas por día = población baja
- 6 - 10 varroas por día = población media
- + de 10 varroas por día = población alta

2.8.2 *Porcentaje de infestación de Varroa*

Para determinar los porcentajes de infestación de varroasis se utilizó el método descrito por David De Jong, también conocido como lavado de abejas que tiene como finalidad desprender los ácaros del cuerpo de las abejas, los cuales se contabilizan al igual que las abejas lavadas. Para esto utilizamos un frasco de 500 g con tapa de rosca el mismo que debe contener 300 ml de alcohol etílico al 35%, aquí colectaremos de 100 a 200 abejas de los marcos del centro la colmena y agitamos por unos minutos, luego colocamos el contenido del frasco (abejas + alcohol etílico) en el tamiz (filtro) que vayamos a utilizar, el mismo que debe permitir el paso de las varroas mas no de las abejas y finalmente realizamos el conteo de varroas y abejas por separado.

La fórmula para evaluar el porcentaje de infestación es la siguiente:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\text{No. de acaros colectados}}{\text{No. de abejas en la muestra}} \times 100$$

2.8.3 *Eficacia del tratamiento*

Se determinó mediante los datos del % de infestación de varroa pre y pos aplicación de los tratamientos, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Eficacia} = \frac{\% \text{ de infestación inicial} - \% \text{ de infestación final}}{\% \text{ de infestación inicial}} \times 100$$

2.8.4 *Peso de la colmena*

Corresponde al peso total de la colmena la cual consta del peso de las abejas adultas, crías, reservas de alimento, marcos, caja, base, entretapa y tapa.

2.8.5 *Mortalidad de abeja adulta y cría*

Este dato se obtuvo registrando la mortalidad de las dos variables diariamente durante todo el proceso de los tratamientos, para luego sumarlos y determinar el promedio de mortalidad de las dos variables.

2.8.6 *Costos de tecnología*

Se determinó en función al costo por aplicación del producto más el costo de mano de obra y transporte.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de la eficiencia de los tratamientos para el control de la varroasis

Tabla 1-3. Incidencia de *varroa destructor* y peso inicial de las colmenas

VARIABLES	TRATAMIENTOS				\bar{x}
	Testigo	LiCl (0,4 g)	LiCl (0,6 g)	LiCl (0,8 g)	
Nº Varroas caídas/dm ² /día pre-tratamiento	6,50	6,44	6,17	6,27	6,34
Infestación de varroa pre-tratamiento (%)	8,19	7,93	8,47	8,16	8,18
Peso inicial colmena (kg)	18,57	18,13	17,82	18,28	18,20

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Tabla 2-3. Evaluación de la eficiencia de tres niveles de cloruro de litio en el control de *Varroa destructor*.

VARIABLES	TRATAMIENTOS				E.E.	Prob.
	Testigo	LiCl (0,4 g)	LiCl (0,6 g)	LiCl (0,8 g)		
Infestación de varroa durante la aplicación de los tratamientos (%)	8,67 C	4,39 B	1,25 A	1,53 A	0,34	<0,0001
Nº Varroas caídas/dm ² /día pos-tratamiento	5,89 C	1,69 B	0,00 A	0,00 A	0,09	<0,0001
Infestación de varroa pos-tratamiento (%)	8,63 C	2,65 B	0,00 A	0,00 A	0,20	<0,0001
Eficacia de los tratamientos (%)	0,00 A	64,78 B	100,00 C	100,00 C	4,05	<0,0001
Peso final colmena (kg)	21,18 A	19,52 A	18,83 A	19,15 A	1,69	0,7671
Mortalidad abeja adulta (Nº)	3,02 B	1,49 A	1,89 A	2,29 AB	0,18	0,0018
Mortalidad cría (Nº)	0,22 A	0,25 A	0,42 B	0,29 A	0,02	0,0010

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Tukey (P< 0.05)

Prob: Probabilidad

E.E: Error estándar

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

3.1.1 Número de varroas caídas/dm²/día pre y pos-aplicación a los tratamientos

El número de varroas caídas/ dm²/día pre- aplicación de los tratamientos, en el presente estudio fue de 6,50; 6,27; 6,17 y 6,44 para las colmenas pertenecientes a los tratamientos Testigo, LiCl (0,4 g), LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) respectivamente, alcanzado un promedio general de 6,34 de varroas caídas/ dm²/día lo que significó una población media de varroas en las colmenas antes de aplicar los tratamientos, y disponiéndose de unidades experimentales homogéneas al inicio del experimento, como se reporta en la tabla 1-3 y en el gráfico 1-3.

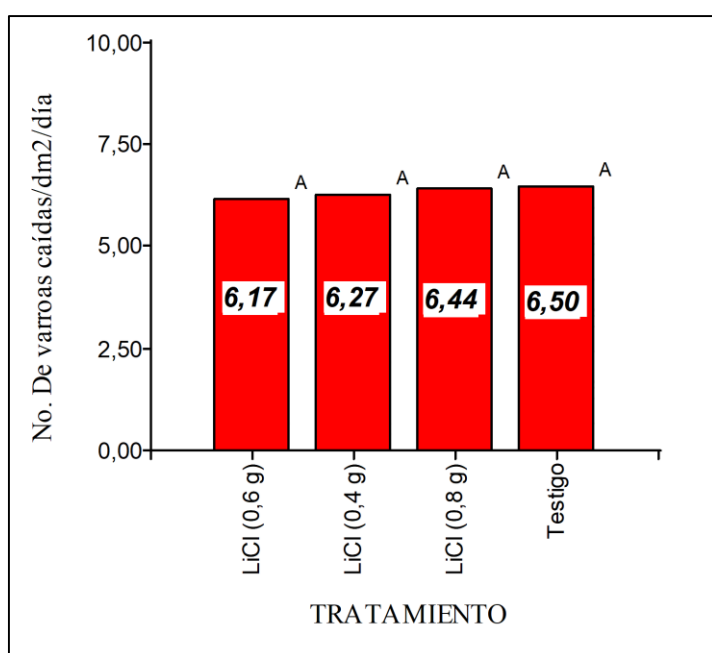


Gráfico 1-3. Número de varroas caídas/dm²/día pre-aplicación a los tratamientos

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

El número de varroa caídas pos-aplicación a los tratamientos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), de esta manera en las colmenas sometidas a los tratamientos LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) presentaron menor promedio con 0,00 varroas caídas/dm²/día, seguido por el tratamiento LiCl (0,6 g) donde se obtuvo un promedio de 1,69 varroas caídas/dm²/día y finalmente el grupo testigo con 5,89 varroas/dm²/día, como se reporta en la tabla 2-3 y en el gráfico 2-3.

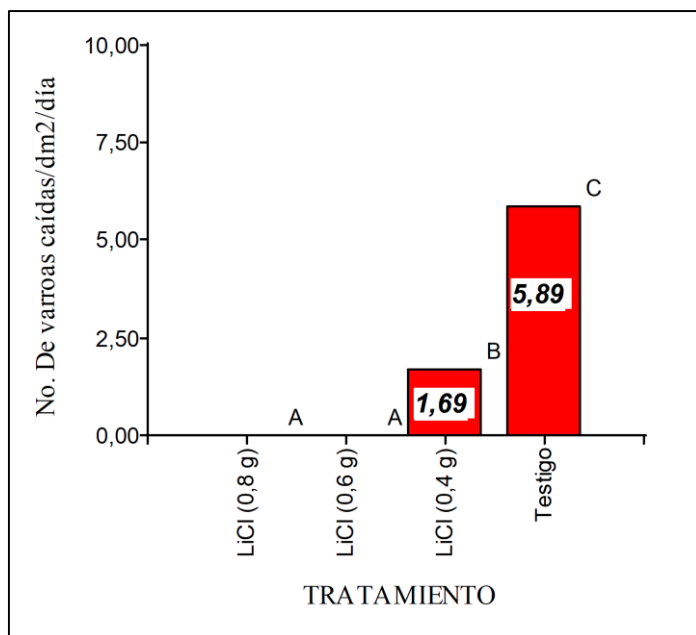


Gráfico 2-3. Número de varroas caídas/dm²/día pos-aplicación a los tratamientos

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Al realizar el análisis de regresión del número de varroas caídas/dm²/día pos-aplicación a los tratamientos que se ilustra en el gráfico 3-3, se determinó que los datos se ajustan a una tendencia lineal negativa altamente significativa, en donde a medida que aumentan los niveles de cloruro de litio, el número de varroas caídas/dm²/día disminuyó ($r = 0,96$). El coeficiente de determinación nos indica que el 91,9% de la varianza de los datos observados depende de los tratamientos, mientras que el 8,1% restante, está en dependencia de factores externos.

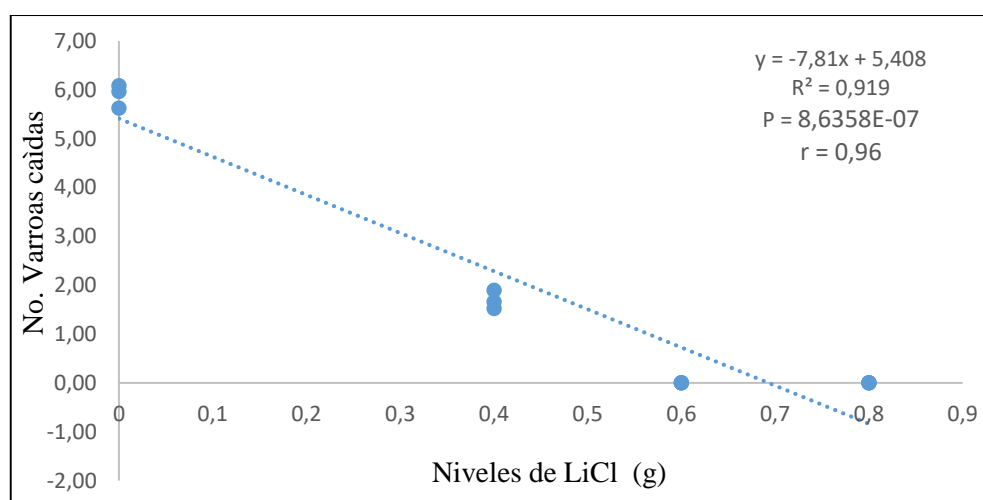


Grafico 3-3. Evaluación de la regresión del número de varroas caídas/dm²/día pos-aplicación de diferentes niveles de LiCl.

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el LiCl bajó la población de varroas, esto debido a que el producto actuó tanto en la fase forética como en la fase reproductiva de la varroa.

3.1.2 *Porcentaje de infestación de varroa pre y pos-aplicación a los tratamientos*

El % de infestación de varroas al inicio del presente estudio (pre-aplicación) fue de 8,19, 7,93, 8,47, 8,16 % para las colmenas que fueron sometidas al control de varroa mediante los tratamientos Testigo, LiCl (0,4 g), LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) respectivamente, alcanzado un promedio general de 8,18 % el cual nos demuestra que las colmenas se encontraban seriamente parasitadas con varroa y disponiéndose de unidades experimentales homogéneas al iniciar el experimento, como se observa en la tabla 1-3 y gráfico 4-3.

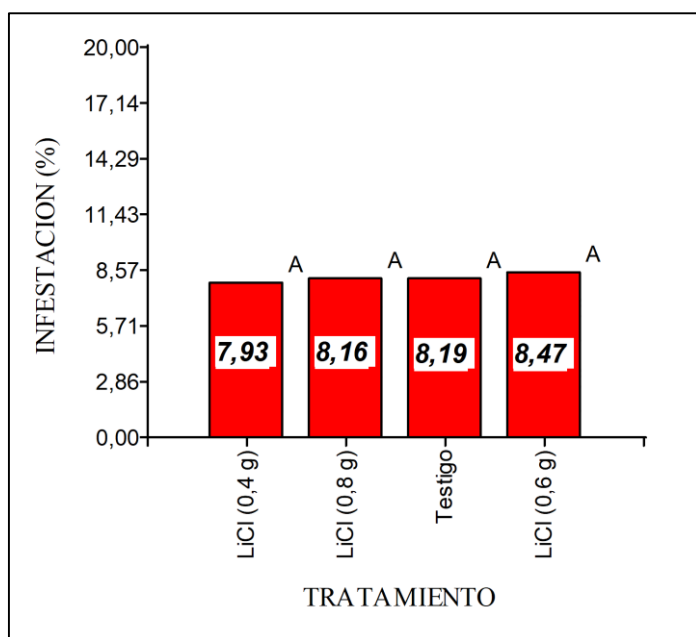


Gráfico 4-3. Porcentaje de infestación de varroa pre-aplicación a los tratamientos

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

El % de infestación varroa destructor pos-aplicación de los tratamientos registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), de esta manera los tratamientos LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) presentaron menor promedio de infestación de varroa con 0,00% seguido por el tratamiento LiCl (0,4 g) presentando un promedio de infestación de 2,65%, y finalmente el testigo tuvo una infestación promedio de 8,63 %, como se ve en la tabla 2-3 y gráfico 5-3.

Cabe recalcar que todos los tratamientos tuvieron tres aplicaciones de 1 litro con intervalo de cinco días mediante alimentadores artificiales con dosis diferentes de LiCl, todo este proceso se detalla en el procedimiento experimental donde se describe paso a paso la preparación del jarabe con su dosis para cada tratamiento.

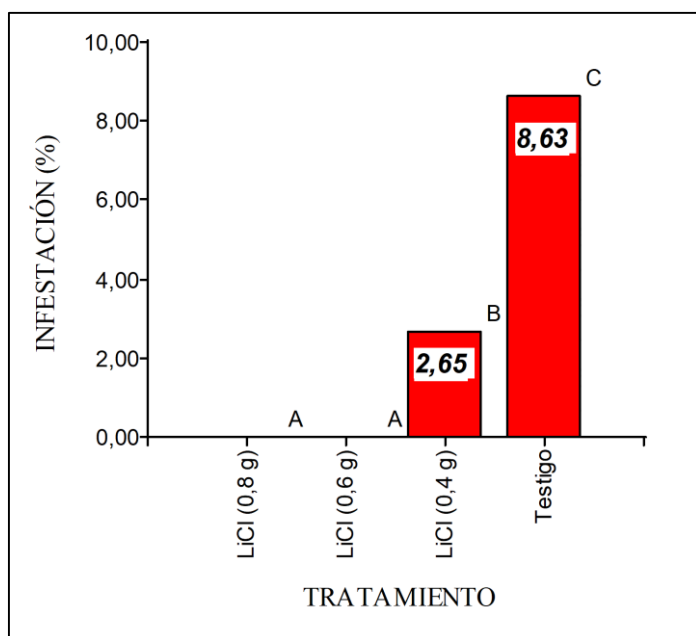


Gráfico 5-3. Porcentaje de infestación de varroa pos-aplicación a los tratamientos

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Las diferencias estadísticas que existen entre LiCl (0,6 g), LiCl (0,8 g), LiCl (0,4 g) y testigo en el % de infestación, se debe a que el cloruro de litio actúa de manera sistémica tanto en la fase forética como en la reproductiva, lo demuestra Chacón (2018), quien menciona que el jarabe lleva una pequeña dosis de LiCl, las abejas se alimentan entre ellas con ese jarabe, también alimentan a las crías y a la reina, el LiCl pasa a la hemolinfa que es la sangre de las abejas, la varroa se alimenta de hemolinfa, y si esta tiene LiCl mata al parásito. Esto lo corrobora en su investigación donde aplicó 1 litro de jarabe a una concentración de 0,6 g de LiCl por un periodo de 10 días logrando llegar a un porcentaje de infestación de 0,00% en colmenas con cría y débilmente parasitadas (hasta 5%).

En el caso de Chacón, P. (2018) quien realizó su experimento en Chile tuvo dificultades para que las abejas consumieran el jarabe con LiCl, ya que a diferencia de nuestra investigación las abejas demoraron más en libar el jarabe (10-20 días) y en ciertos casos no lo consumieron por lo que se vio obligado a confinarlas para forzar el consumo del mismo, estas diferencias pueden haberse

dado debido a que las condiciones ambientales de nuestro país son muy diferentes a las de Chile el cual posee 4 estaciones bien marcadas, mientras que en Ecuador solo existen 2 estaciones (invierno y verano), y en la zona donde se realizó nuestra investigación aún no se iniciaba la época de floración y flujo de néctar.

Chacón, P. (2018) también menciona que, los tratamientos a nivel de campo implican un fuerte cambio con respecto a las pruebas de laboratorio, en el que las abejas confinadas están obligadas a alimentarse del jarabe dentro de la caja, las abejas de la colmena siguen saliendo a buscar néctar, y no hay manera de saber cuánto del jarabe que está en el alimentador va a ser usado en alimentar abejas y/o larvas, ni en cuanto tiempo.

Mediante el análisis de regresión del porcentaje de infestación de varroa pos-aplicación a los tratamientos, se determinó que los datos se ajustan a una tendencia lineal negativa altamente significativa, en donde a medida que aumentan los niveles de cloruro de litio, el porcentaje de infestación disminuyó ($r = 0,96$), con un coeficiente de determinación que nos indica que el 92,1%, de la varianza de los datos observados depende de los tratamientos, mientras que el 7,9 % restante, está en dependencia de factores externos, todo esto se ilustra en el gráfico 6-3.

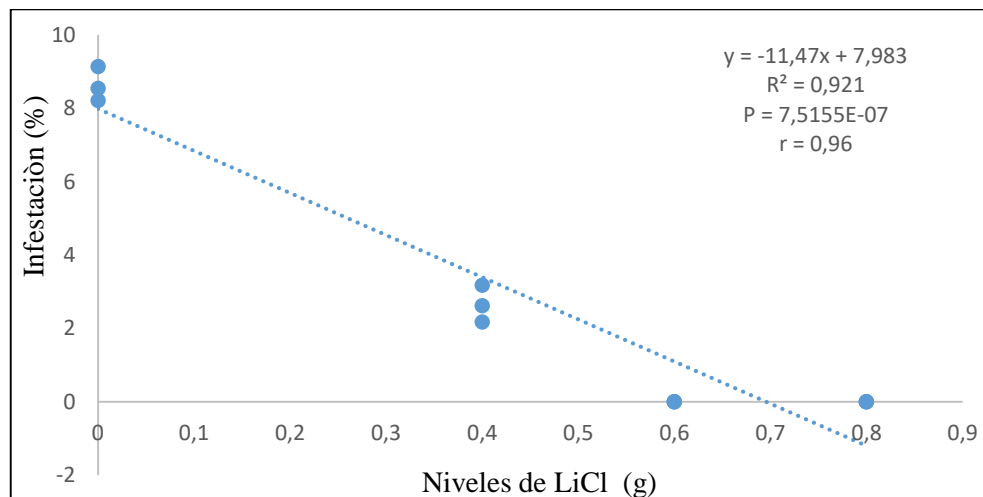


Grafico 6-3. Evaluación de la regresión del porcentaje de infestación de varroa pos-aplicación de diferentes niveles de LiCl.

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

3.1.3 Porcentaje de infestación de varroa durante la aplicación de los tratamientos

Estos datos se tomaron 8 días después de la aplicación de los tratamientos para el control de varroa, registrándose diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), de esta manera el tratamiento LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) presentaron los menores promedios de % de infestación de varroa en las colmenas con 1,25 y 1,53% respectivamente, posteriormente se ubicó el tratamiento LiCl (0,4 g) alcanzando un promedio de 4,39%, finalmente el testigo tuvo un promedio de 8,67 de infestación de varroa en la colmena, como se ilustra en el gráfico 7-3.

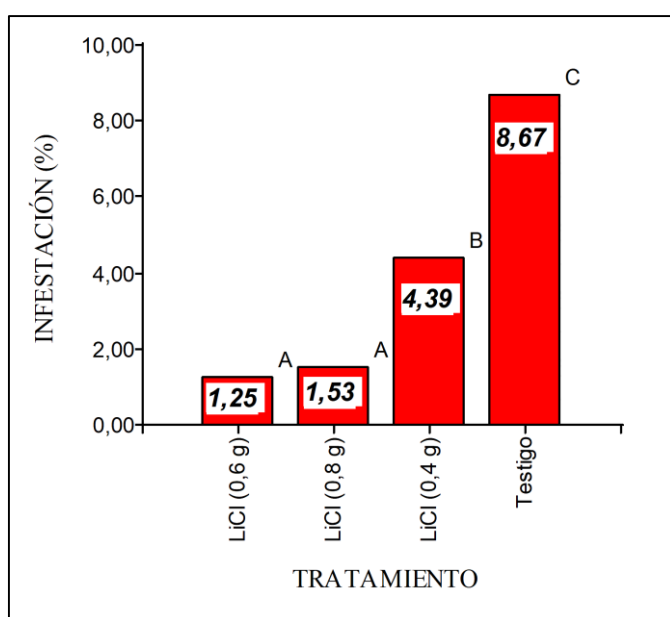


Gráfico 7-3. Porcentaje de infestación de varroa durante la aplicación de los tratamientos

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Los datos anteriores indican que los tratamientos LiCl (0,4 g), LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) lograron reducir la población de varroa, consiguiendo una disminución de 3,54, 7,22 y 6,63 puntos porcentuales de infestación de varroa en abejas adultas respectivamente, finalmente para el testigo no se observó una disminución más bien existió un incremento de 0,48 puntos porcentuales de infestación de varroa en estado forético.

En base al análisis de regresión del porcentaje de infestación de varroa durante la aplicación de los tratamientos (gráfico), se determinó que los datos se ajustan a una tendencia lineal negativa altamente significativa, en donde a medida que aumentan los niveles de cloruro de litio, el

porcentaje de infestación disminuyó ($r = 0,95$). El coeficiente de determinación nos indica que el 90,3% de la varianza de los datos observados depende de los tratamientos, mientras que el 9,7 % restante, está en dependencia de factores externos.

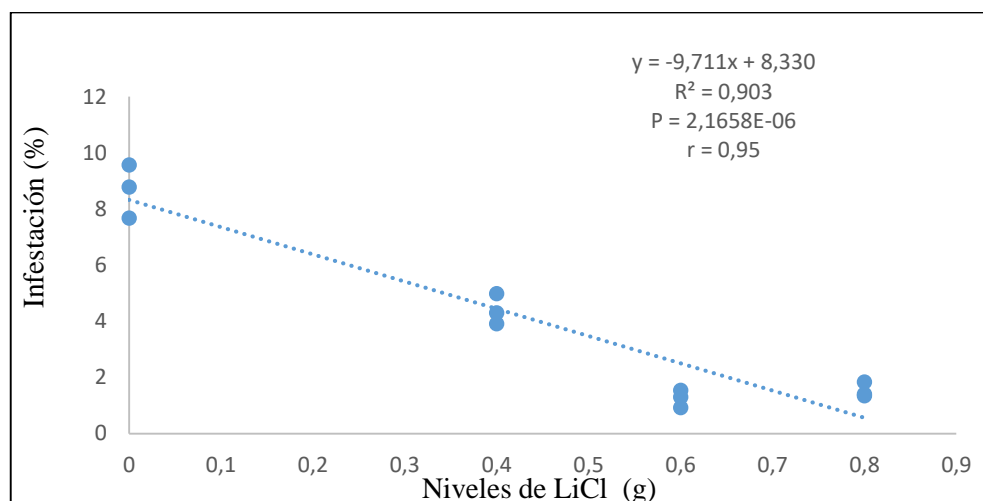


Gráfico 8-3. Evaluación de la regresión del porcentaje de infestación durante la aplicación de diferentes niveles de LiCl.

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

3.1.4 Eficacia de los tratamientos aplicados.

El % eficacia de los tratamientos para el control de varroa destructor registraron diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), de esta manera los tratamientos LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) presentaron los mejores resultados en el control de varroa en las colmenas con un 100% de eficacia, seguido por el LiCl (0,4 g) obteniendo un promedio de 64,78%, finalmente el testigo que no tuvo eficacia, como se ilustra en el gráfico 9-3.

Los resultados obtenidos en la investigación se asemejan a los datos reportados por Chacón, P. (2018), quien reporta que al utilizar 1 litro de jarabe con 0,6 g de LiCl, por 10 días, usando una minialza alimentadora con bolsas ziploc perforadas (8 a 10 perforaciones) obtuvo una eficacia del 100 % en las colmenas con presencia de cría y débilmente parasitadas que consumieron el jarabe, ya que como se mencionó anteriormente en este experimento hubo una resistencia por parte de las abejas para consumir el jarabe y se las tuvo que confinar para obligarlas a libar el producto.

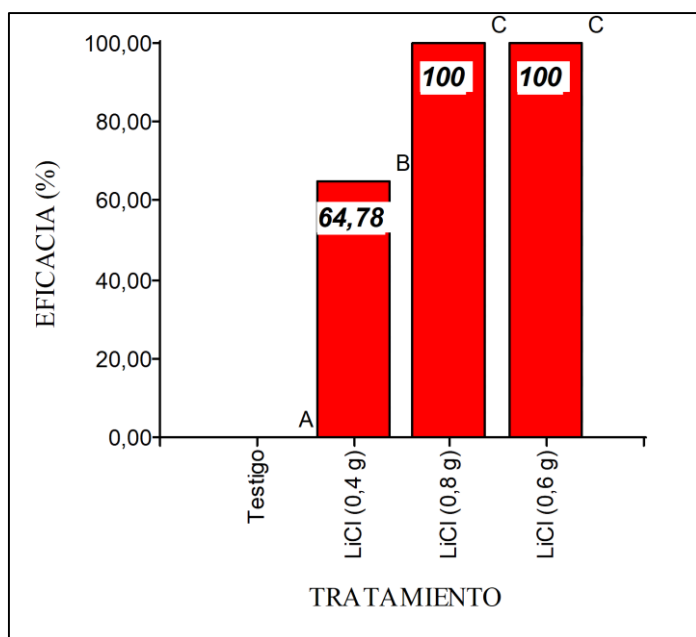


Gráfico 9-3. Eficacia de los tratamientos aplicados.

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Pomagualli, C. (2017), alcanzó las mejores respuestas en cuanto a eficacia utilizando ácido oxálico y diatomita con una media de 50,39 y 44,08 % respectivamente en colmenas débilmente parasitadas con presencia de cría. Por otra parte Moyon, J. (2013), quien utilizó ácido fórmico al 85 % con dos aplicaciones cada 15 días presentó la mejor eficacia en el control de varroa con un promedio de 95,1% de eficacia en colmenas seriamente parasitadas con presencia de cría, mientras que nuestra investigación reporta datos que superan estos resultados, logrando un 100% de eficacia en el control de varroa en colmenas seriamente parasitadas con presencia de cría.

Asimismo los resultados de la presente investigación superan a los registrados por Ziegelmann et al, (2018) quien reporta que utilizando LiCl 25 mM y 50 mM en nueve enjambres artificiales sin crías que consistían en una reina y aproximadamente 20,000 abejas cada uno, alimentados a voluntad durante un período de tres días, seguido de una aplicación tópica de Perizin®, que contiene el organofosfato cumafos como ingrediente activo, es una varroacida altamente eficaz que se usa comúnmente como tratamiento de control.

La mortalidad de ácaros se controló durante un período de cinco días. Antes del tratamiento de control, LiCl 25 mM mató a aproximadamente el 90% de los ácaros presentes en los enjambres artificiales. Sin embargo, la solución más concentrada (50 mM) no aumentó este efecto.

Podemos asumir que la distribución de LiCl dentro de un grupo de miles de abejas requiere más tiempo hasta que la última abeja individual consuma una dosis suficiente para matar al ácaro, así como también el porcentaje de infestación de la colmena vendría a ser un factor clave para determinar el tiempo de alimentación necesario, el mismo que debe analizarse en experimentos posteriores.

Por otra parte en el análisis de regresión del porcentaje de eficacia de los tratamientos aplicados (gráfico 10-3), se determinó que los datos se ajustan a una tendencia lineal positiva altamente significativa, en donde a medida que aumentan los niveles de cloruro de litio, el porcentaje de eficacia también aumenta ($r = 0,96$). El coeficiente de determinación nos indica que el 91,8% de la varianza existente en los datos observados depende de los tratamientos, mientras que el 8,2% restante, está en dependencia de factores externos.

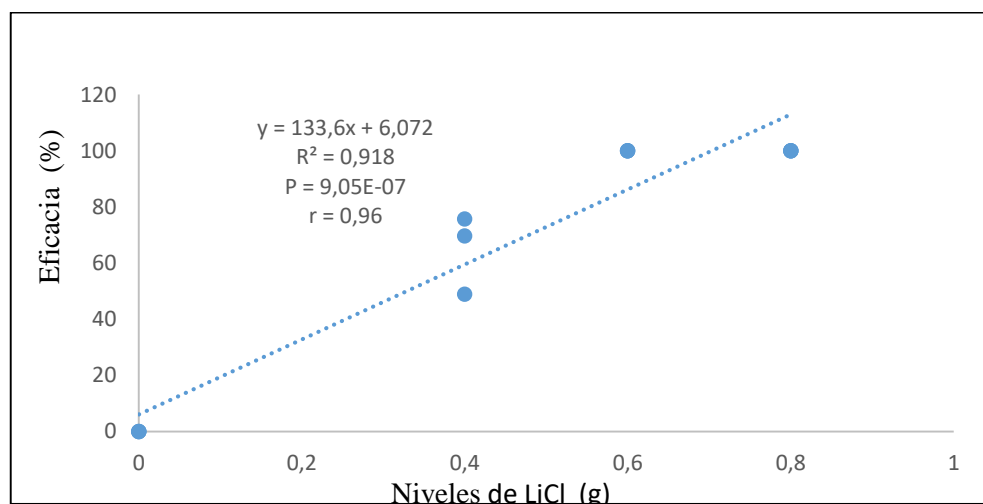


Gráfico 10-3. Evaluación de la regresión de la eficacia de diferentes niveles de LiCl.

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

3.1.5 *Mortalidad de abeja adulta*

La mortalidad de abejas durante la aplicación de los tratamientos registró diferencias altamente significativas ($P < 0,05$) de esta manera, los tratamientos LiCl (0,4 g) y LiCl (0,6 g) presentaron un menor promedio muertes de abejas/día con 1,49, y 1,89 respectivamente, posteriormente el tratamiento LiCl (0,8 g) con un promedio de 2,29 abejas muertas/día y finalmente el testigo con un promedio de 3,02 abejas muertas/día como se observa en el gráfico 11-3.

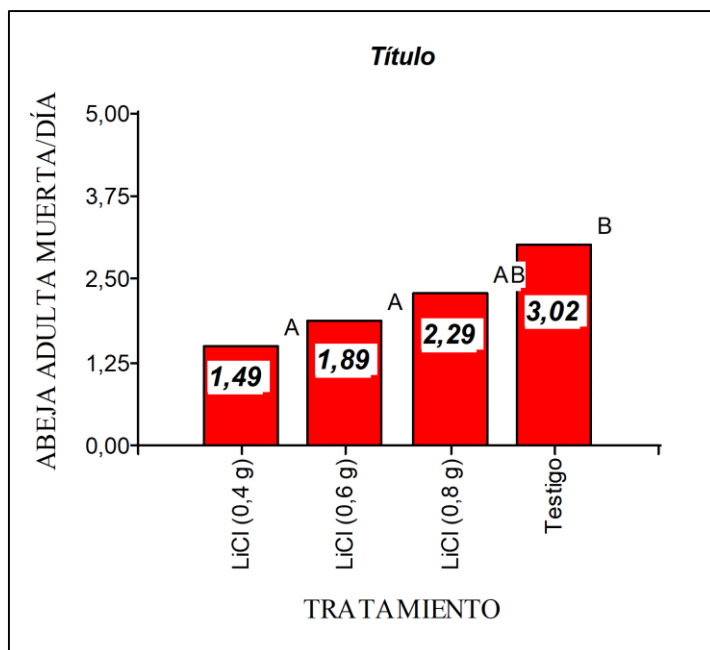


Gráfico 11-3. Mortalidad de abeja adulta

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

La mortalidad de abejas en la presente investigación a pesar de presentar diferencias significativas no está relacionada con la utilización de LiCl en la alimentación artificial, esto lo corrobora Chacón, P. (2018) quien manifiesta que, por un error de transcripción el jarabe usado contenía 10 veces más cloruro de litio que el que quería usar, es decir, 6, g/l en vez de 0,6 g/l de jarabe, aparte de subir el costo del tratamiento, las colmenas tratadas no mostraron ninguna reacción adversa que se pudiera detectar, añadió también que ningún otro tratamiento pudiera soportar tamaño error de dosificación.

3.1.6 *Mortalidad de cría*

La mortalidad de cría durante las aplicaciones de los tratamientos registró diferencias altamente significativas ($P < 0,05$), de esta manera el tratamientos testigo, LiCl (0,4 g) y LiCl (0,8 g) presentaron un menor promedio de muerte de cría/día con 0,22, 0,25 y 0,29 respectivamente, seguido por LiCl (0,6 g) que obtuvo un mayor promedio de muerte de cría/día con 0,42, como se ilustra en el gráfico 12-3.

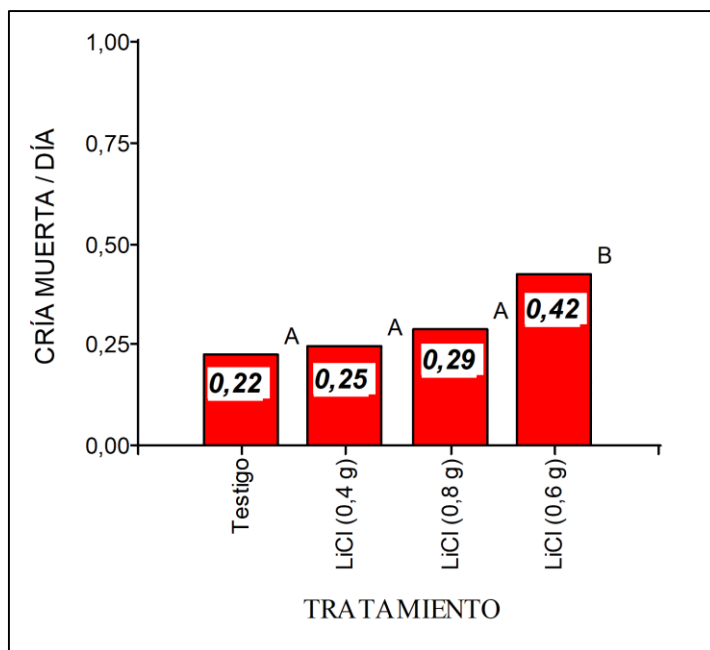


Gráfico 12-3. Mortalidad de cría

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

La mortalidad de cría en la investigación no tiene ninguna relación con la aplicación de los tratamientos y se podría considerar irrelevante ya que estamos hablando de un promedio muy bajo de mortalidad/día, también se puede considerar que la mortalidad se produzca por la presencia de varroa en la cría como lo menciona Valega, O. (2015), quien manifiesta que la varroa no solo disminuye la longevidad sino que muchas abejas no llegan a la etapa de adultas y cuando llegan lo hacen en un estado tan deplorable que no pueden ni siquiera volar.

3.1.7 *Peso de las colmenas pre y pos-aplicación a los tratamientos*

El peso de colmenas de los tratamientos, al inicio (pre- aplicación) del presente estudio fue 18,57, 18,13, 17,82 y 18,28 Kg para las colmenas que fueron sometidas al control de varroa mediante los tratamientos Testigo, LiCl (0,4 g), LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) respectivamente, alcanzado un promedio general de 18,20 kg y disponiéndose de unidades experimentales homogéneas al iniciar el experimento, como se observa en el gráfico 13-3.

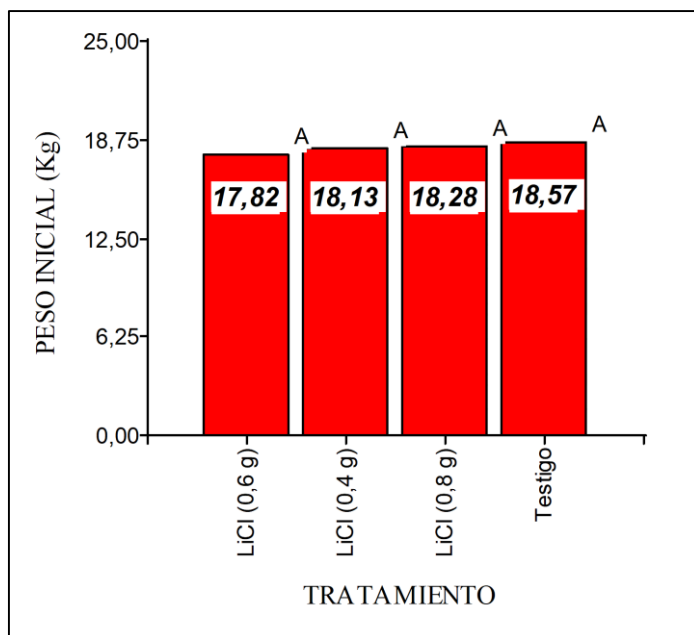


Gráfico 13-3. Peso de las colmenas pre-aplicación a los tratamientos

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Al final de la investigación se alcanzaron pesos que no fueron diferentes estadísticamente ($P > 0,05$), aunque registraron pequeñas diferencias numéricas, 21,18; 19,52; 18,83 y 19,15 Kg para las colmenas que recibieron los tratamientos Testigo, LiCl (0,4 g), LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) respectivamente, como se ilustra en el gráfico 14-3.

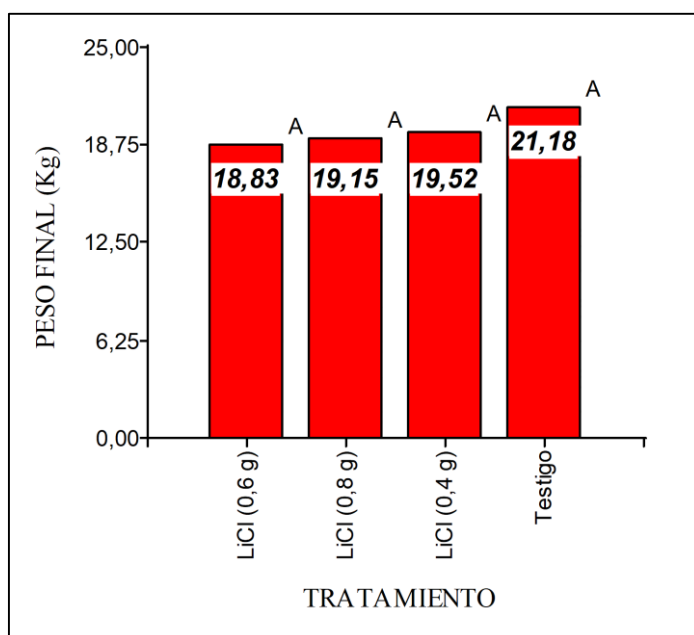


Gráfico 14-3. Peso de las colmenas pos-aplicación a los tratamientos

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Se puede considerar que las respuestas en cuanto a pesos dependieron más del peso de las colmenas con el que se inició la investigación mas no de los tratamientos aplicados, así como también de la época de floración en la zona de estudio, la cual aún no iniciaba y es un factor que influye en el comportamiento productivo y reproductivo de las colmenas.

3.2 Evaluación de costos de los tratamientos para el control de varroasis

El costo de la tecnología se determinó a partir del costo por aplicación de cada tratamiento, más el costo de la mano de obra y transporte, cabe indicar que estos costos se encuentra divididos para tres colmenas, puesto que se utilizaron tres colmenas por tratamiento (tabla 3-3). Se estableció un menor costo/colmena tratada para LiCl (0,4 g) con \$ 8,63 dólares, donde el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación fue de \$ 5,58, mano de obra \$ 1,25 y el transporte \$ 1,80, seguido por el LiCl (0,6 g) con un costo/colmena tratada de \$ 9,23, donde el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación es de \$ 6,18, a continuación se encuentra LiCl (0,8 g) el cual presentó un costo/colmena tratada de \$ 9,83, donde el costo del producto más los materiales requeridos para su aplicación es de \$ 6,78, y finalmente el testigo con un costo/colmena de \$ 6,80.

Tabla 3-3. Costo/colmena tratada de los tratamientos para el control de varroasis

CONCEPTO	TRATAMIENTOS			
	Testigo	LiCl (0,4 g)	LiCl (0,6 g)	LiCl (0,8 g)
Aplicación Tratamientos	3,75	5,58	6,18	6,78
Transporte	1,80	1,80	1,80	1,80
Mano de obra	1,25	1,25	1,25	1,25
Total costos	6,80	8,63	9,23	9,83

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

De acuerdo a los datos antes mencionados se puede notar que el costo del producto más los materiales/colmena tratada es menor al utilizar LiCl (0,4 g) con \$ 5,58 seguido por LiCl (0,6 g) con 6,18, \$ y finalmente LiCl (0,8 g) con \$ 6,78. La poca variación en los costos/colmena tratada se debe a que el producto utilizado es el mismo para todos los tratamientos el cual va dosificado en diferentes proporciones y los materiales para su preparación son los mismos.

CONCLUSIONES

- Al realizar el muestreo y diagnóstico con el método David De Jong se determinó que, en el apiario donde se ejecutó la presente investigación, ubicado a 8 km del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, el 100 % de las colmenas se encontraban seriamente parasitadas, es decir presentaron infestaciones superiores al 5%, dato que refleja el poco control o interés sanitario que se le da a la presencia de este ácaro, el mismo que a través de los años se ha convertido en uno de los principales problemas de la producción apícola.
- Al finalizar el experimento, se determinó que al utilizar LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) en la alimentación artificial de *Apis mellifera* se obtuvo una eficacia del 100% en el control de *Varroa destructor*, es decir el porcentaje de infestación tanto en abejas adultas como en cría operculada bajó a 0,00% debido a su modo de acción sistémico sobre las varroas en la fase forética y reproductiva, sin afectar negativamente a la población de la colmena (adultas y cría).
- El costo/colmena tratada para el control de *Varroa destructor* es menor al utilizar LiCl (0,4 g) con \$ 8,63, seguido por LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) con \$ 9,23 y \$ 9,83 respectivamente, constatándose que el valor de cada tratamiento acrecienta en relación a la cantidad de producto utilizado.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable aplicar LiCl en la alimentación artificial de *apis mellifera* para controlar la varroasis, ya que se ha comprobado su eficacia, siendo inofensivo para las abejas y presentando un precio muy accesible.
- El cloruro de litio (LiCl) es un producto nuevo y desconocido en nuestro medio, es por ello que se deben difundir los resultados obtenidos en esta investigación a nivel local, regional y nacional.
- Realizar investigaciones futuras en base a esta nueva tecnología, puesto que no sabemos con exactitud cómo afectaría su presencia en la miel, que es el producto principal generado por las abejas y consumido por millones de personas en todo el mundo. También se deben tomar en cuenta aspectos como: dosis dependiendo del grado de infestación, intervalos y época adecuada para su aplicación o nuevos métodos para suministrarlo.

BIBLIOGRAFÍA

Arévalo, Jorge Livio. *Estudio epidemiológico de varroasis en abejas adultas (Apis mellífera) en el cantón Loja* (Tesis). [En línea]. Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Loja-Ecuador. 2018. p. 9.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/20662>

Argentina. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. *Enfermedades de las abejas*. [En línea]. Buenos Aires-Argentina: 2005, pp. 19-20-22-23.

[Consulta: 25/05/2019]

http://www.senasa.gob.ar/sites/default/files/arbol_senasa/animal/abejas/prod_primaria/sanid_apicola/ees/influenza/manual_de_enfermedades_de_las_abejas_2005.pdf

Cabrera, José. *La Apicultura en el Ecuador: Antecedentes Históricos*. [En línea]. Quito, Ecuador: 2012, p. 4.

[Consulta: 25/05/2019].

<https://docplayer.es/24412764-La-apicultura-en-el-ecuador-antecedentes-historicos-por-jose-cabrera-laboratorios-la-melifera-quito-ecuador.html>

Castillo, Gladys. *Guía técnica de sanidad apícola para uso en el campo*. [En línea]. Nicaragua: 2013, pp. 15-17.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/guia%20de%20sanidad%20apicola.pdf>

Chacón, Patricio. *Cloruro de litio contra varroa*. [En Línea]. Chile: 2018.

[Consulta: 25/05/2019]

<https://sites.google.com/site/view/apicultura-en-el-ingenio>

Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. *Manual de Gestión Productiva-Sanitaria y de Buenas Prácticas Apícolas*. [En línea]. Chile: 2018, pp. 40-41.

[Consulta: 25/05/2019]

http://www.sag.gov.cl/sites/default/files/manual_gestion_productiva-sanitaria_apicola-sag-2018.pdf

Díaz, Rafael. *Cloruro de Litio: Fórmula, Propiedades, Riesgos y Usos*. [En Línea]. 2016.

[Consulta: 25/05/2019]

<https://www.lifeder.com/cloruro-de-litio/>

Ecuador. Agrocalidad. *Enfermedades de las abejas – Manual de procedimientos*. [En línea]. Quito-Ecuador: 2014, p. 12.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/Manual-de-Procedimientos-en-Enfermedades-de-las-abejas.pdf>

Fríjoli, Leonardo & Poffer, Daniel. *Monitoreo y control de varroasis*. [En línea]. 2013 p. 2.

[Consulta: 25/05/2019]

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_monitoreo_y_control_de_varroasis.pdf

Herrero, Félix. *Lo que usted debe saber sobre: Las abejas y la miel.* [En línea]. España: Edición Caja, 2004. pp. 5-7

[Consulta: 25/05/2019]

<http://www.saber.es/web/biblioteca/libros/las-abejas-y-la-miel/las-abejas-y-la-miel.pdf>

Jean-Prost, Pierre. *Apicultura, conocimiento de la abeja y manejo de la colmena.* 4ª ed. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa, 2006, pp. 259-260-265-268-269-274-284.

Medina, C; et al. “Efecto del nivel de infestación de Varroa destructor sobre la producción de miel de colonias de Apis mellifera en el altiplano semiárido de México”. *Scielo*. [En línea].2011, (México) 2 (3). p. 313.

[Consulta: 25/05/2019]

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000300006

México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. *Diagnóstico y control orgánico del ácaro varroa (varroa destructor) en el trópico.* [En línea]. Mérida-México: 2010, p. 9.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3199/Varroaconforros.pdf?sequence=1>

Moreno, Alberto. *Manual de control de enfermedades apícolas (descripción, diagnóstico y tratamiento).* [En línea]. Chile: 2008, pp. 24-29-30-31-33.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://www.bio-nica.info/biblioteca/Moreno208EnfermedadesApicola.pdf>

Moyón, Juan Lizandro. *Evaluación de tres alternativas para el control de varroasis varroa destructor en tres apiarios de la provincia de Chimborazo* (Tesis). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2013. p. 51.

[Consulta: 05/06/2019]

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2683/1/17T1166.pdf>

Nanetti, Antonio. “Uso de ácido oxálico y otros productos de origen natural para el control de varroa, pros y contras”. *Revistas electrónicas UACh*. [En Línea]. 2007, (Chile) 3(1). p. 48.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://revistas.uach.cl/index.php/agrosur/article/view/3894>

Valega, Orlando. *Longevidad de las abejas - Abejas Longevas o Abejas de invierno* [En línea]. 2015.

[Consulta: 25/05/2019]

<https://www.apiservices.biz/es/articulos/ordenar-por-popularidad/1173-longevidad-abejas>

Pomagualli, Christian Javier. *Acaricidas sintéticos y naturales para el control de varroa destructor en colmenas apis mellifera* (Tesis). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba-Ecuador. 2017. p. 51.

[Consulta: 05/06/2019]

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8140/1/17T1507.pdf>

Pérez, Aurelio. “Aprendiendo a vivir con la terrible varroasis”. *Apicultura sin Fronteras*. [En línea]. 2015, (Argentina) 83 (9). pp. 7-9.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://www.czs.si/Upload/Apicultura%2083%20Apiculture.pdf>

Quero, Ana. *Las abejas y la apicultura*. [En línea]. España: 2004, p.1

[Consulta: 25/05/2019]

http://www.mieldemalaga.com/data/Las_abejas_y_la_apicultura.pdf

Tapia, César Eduardo. *Un nuevo concepto en sanidad apícola*. Buenos Aires-Argentina: Dunken, 2010, p. 57.

Vandame, Rémy. *Control Alternativo de Varroa en Apicultura*. [En línea]. 2ª ed. Chiapas-México: 2000, p. 9-10.

[Consulta: 25/05/2019]

<http://www.mujerapicola.org/docs/Varroa.pdf>

Vicente, Marina. *Análisis virológico y epidemiológico del síndrome de despoblamiento de las colmenas en España: estudio de causas y consecuencias* (Tesis) (Doctoral). [En línea]. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria, Departamento de Sanidad Animal. Madrid-España. 2016. p. 5.

[Consulta: 25/05/2019]

<https://eprints.ucm.es/38831/1/T37638.pdf>

Ziegelmann, Bettina; et al. “Lithium chloride effectively kills the honey bee parasite Varroa destructor by a systemic mode of action”. *Scientific Reports*. [En línea].2018, (Alemania). p.4.

[Consulta: 25/05/2019]

<https://www.nature.com/articles/s41598-017-19137-5>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico del número de varroas/ dm²/día pre-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	6,41	6,07	7,02	6,50
LiCl (0,4)	6,24	5,48	7,08	6,44
LiCl (0,6)	7,04	5,82	5,64	6,17
LiCl (0,8)	7,22	5,18	6,92	6,27

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	5,54			
TRATAMIENTO	3	0,21	0,7	0,11	0,9539
ERROR	8	5,33	0,67		
CV (%)	12,87				
MEDIA	6,345				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey (P<0.05)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	6,50	3	0,47	A
LiCl (0,4 g)	6,44	3	0,47	A
LiCl (0,6 g)	6,17	3	0,47	A
LiCl (0,8 g)	6,27	3	0,47	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 2. Análisis estadístico del porcentaje de infestación pre-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	8,37	8,23	7,98	8,19
LiCl (0,4)	8,63	6,62	8,93	7,93
LiCl (0,6)	9,15	8,45	7,82	8,47
LiCl (0,8)	8,38	7,90	8,21	8,16

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	5,95			
TRATAMIENTO	3	0,45	0,15	0,22	0,8807
ERROR	8	5,50	0,69		
CV (%)	10,12				
MEDIA	8,1875				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	8,19	3	0,48	A
LiCl (0,4 g)	7,93	3	0,48	A
LiCl (0,6 g)	8,47	3	0,48	A
LiCl (0,8 g)	8,16	3	0,48	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 3. Análisis estadístico del peso inicial de la colmena (kg)

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	21,80	17,55	16,35	18,57
LiCl (0,4)	16,90	18,50	19,00	18,13
LiCl (0,6)	17,40	17,20	18,85	17,82
LiCl (0,8)	18,80	17,20	18,85	18,28

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	23,07			
TRATAMIENTO	3	0,88	0,29	0,11	0,9545
ERROR	8	22,19	2,77		
CV (%)	9,15				
MEDIA	18,2				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	18,57	3	0,96	A
LiCl (0,4 g)	18,13	3	0,96	A
LiCl (0,6 g)	17,82	3	0,96	A
LiCl (0,8 g)	18,28	3	0,96	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 4. Análisis estadístico del número de varroas/ dm²/día pos-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	5,62	6,08	5,96	5,89
LiCl (0,4)	1,62	1,52	1,89	1,69
LiCl (0,6)	0,00	0,00	0,00	0,00
LiCl (0,8)	0,00	0,00	0,00	0,00

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	69,66			
TRATAMIENTO	3	69,47	23,16	1008,67	<0,0001
ERROR	8	0,18	0,02		
CV (%)	8,00				
MEDIA	1,895				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey (P<0.05)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	5,89	3	0,09	C
LiCl (0,4 g)	1,69	3	0,09	B
LiCl (0,6 g)	0,00	3	0,09	A
LiCl (0,8 g)	0,00	3	0,09	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

d. Análisis de varianza (regresión)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{X} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	64,045905	64,045905	114,160025	8,6358E-07
Residuos	10	5,61018667	0,56101867		
Total	11	69,6560917			

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 5. Análisis estadístico del porcentaje de infestación pos-aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	8,54	9,14	8,21	8,63
LiCl (0,4)	2,61	3,17	2,17	2,65
LiCl (0,6)	0,00	0,00	0,00	0,00
LiCl (0,8)	0,00	0,00	0,00	0,00

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	150,02			
TRATAMIENTO	3	149,07	49,69	419,77	<0,0001
ERROR	8	0,95	0,12		
CV (%)	12,20				
MEDIA	2,82				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	8,63	3	0,20	C
LiCl (0,4 g)	2,65	3	0,20	B
LiCl (0,6 g)	0,00	3	0,20	A
LiCl (0,8 g)	0,00	3	0,20	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

d. Análisis de varianza (regresión)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{X} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	138,201931	138,201931	117,63376	7,5155E-07
Residuos	10	11,7484922	1,17484922		
Total	11	149,950423			

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 6. Análisis estadístico del porcentaje de infestación durante la aplicación de los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	7,67	9,57	8,77	8,67
LiCl (0,4)	4,98	3,91	4,29	4,39
LiCl (0,6)	1,30	0,92	1,53	1,25
LiCl (0,8)	1,40	1,35	1,83	1,53

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	109,65			
TRATAMIENTO	3	106,91	35,64	104,14	<0,0001
ERROR	8	2,74	0,34		
CV (%)	14,77				
MEDIA	3,96				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	8,67	3	0,34	C
LiCl (0,4 g)	4,39	3	0,34	B
LiCl (0,6 g)	1,25	3	0,34	A
LiCl (0,8 g)	1,53	3	0,34	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

d. Análisis de varianza (regresión)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{X} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	99,0238083	99,0238083	93,454617	2,1658E-06
Residuos	10	10,5959247	1,05959247		
Total	11	109,619733			

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 7. Análisis estadístico de la eficacia de los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	0,00	0,00	0,00	0,00
LiCl (0,4)	69,72	48,96	75,65	64,78
LiCl (0,6)	100	100	100	100
LiCl (0,8)	100	100	100	100

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	20400,87			
TRATAMIENTO	3	20008,04	6669,35	135,82	<0,0001
ERROR	8	392,83	49,10		
CV (%)	10,59				
MEDIA	66,195				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	0,00	3	4,05	A
LiCl (0,4 g)	64,78	3	4,05	B
LiCl (0,6 g)	100,00	3	4,05	C
LiCl (0,8 g)	100,00	3	4,05	C

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 8. Análisis estadístico del peso final de la colmena (kg)

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	22,80	21,35	19,40	21,18
LiCl (0,4)	17,30	18,00	23,25	19,52
LiCl (0,6)	16,85	17,00	22,65	18,83
LiCl (0,8)	22,75	17,25	17,45	19,15

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	78,15			
TRATAMIENTO	3	9,85	3,28	0,38	0,7671
ERROR	8	68,30	8,54		
CV (%)	14,85				
MEDIA	19,67				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	21,18	3	1,69	A
LiCl (0,4 g)	19,52	3	1,69	A
LiCl (0,6 g)	18,83	3	1,69	A
LiCl (0,8 g)	19,15	3	1,69	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

d. Análisis de varianza (regresión)

	GL	Suma de cuadrados	\bar{X} de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	18742,3285	18742,3285	113,008671	9,05E-07
Residuos	10	1658,48588	165,848588		
Total	11	20400,8144			

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 9. Análisis estadístico de la mortalidad de abeja adulta durante los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	2,73	3,47	2,87	3,02
LiCl (0,4)	1,,20	1,67	1,60	1,49
LiCl (0,6)	1,60	1,93	2,13	1,89
LiCl (0,8)	1,93	2,53	2,40	2,29

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza.

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	4,63			
TRATAMIENTO	3	3,85	1,28	13,17	0,0018
ERROR	8	0,78	0,10		
CV (%)	14,38				
MEDIA	2,1725				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	3,02	3	0,18	B
LiCl (0,4 g)	1,49	3	0,18	A
LiCl (0,6 g)	1,89	3	0,18	A
LiCl (0,8 g)	2,29	3	0,18	AB

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 10. Análisis estadístico de la mortalidad de cría durante los tres tratamientos para el control de varroa.

a. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			MEDIA
	I	II	II	
Testigo	0,20	0,27	0,20	0,22
LiCl (0,4)	0,20	0,27	0,27	0,25
LiCl (0,6)	0,40	0,40	0,47	0,42
LiCl (0,8)	0,27	0,33	0,27	0,29

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

b. Análisis de varianza

F.V.	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
TOTAL	11	0,08			
TRATAMIENTO	3	0,07	0,02	15,71	0,0010
ERROR	8	0,01	1,5E-03		
CV (%)	13,20				
MEDIA	0,295				

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

c. Separación de medias según Tukey ($P < 0.05$)

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E.	RANGO
Testigo	0,22	3	0,02	A
LiCl (0,4 g)	0,25	3	0,02	A
LiCl (0,6 g)	0,42	3	0,02	B
LiCl (0,8 g)	0,29	3	0,02	A

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 11. Evaluación de la eficiencia de tres niveles de cloruro de litio en el control de *Varroa Destructor*.

VARIABLES	TRATAMIENTOS				E.E.	Prob.
	Testigo	LiCl (0,4 g)	LiCl (0,6 g)	LiCl (0,8 g)		
Nº Varroas caídas/dm ² /día pre-tratamiento	6,50 A	6,44 A	6,17 A	6,27 A	0,47	0,9539
Infestación de varroa pre-tratamiento (%)	8,19 A	7,93 A	8,47 A	8,16 A	0,48	0,8807
Peso inicial colmena (kg)	18,57 A	18,13 A	17,82 A	18,28 A	0,96	0,9545
Nº Varroas caídas/dm ² /día pos-tratamiento	5,89 C	1,69 B	0,00 A	0,00 A	0,09	<0,0001
Infestación de varroa pos-tratamiento (%)	8,63 C	2,65 B	0,00 A	0,00 A	0,20	<0,0001
Infestación de varroa durante la aplicación de los tratamientos (%)	8,67 C	4,39 B	1,25 A	1,53 A	0,34	<0,0001
Eficacia de los tratamientos (%)	0,00 A	64,78 B	100,00 C	100,00 C	4,05	<0,0001
Peso final colmena (kg)	21,18 A	19,52 A	18,83 A	19,15 A	1,69	0,7671
Mortalidad abeja adulta (Nº)	3,02 B	1,49 A	1,89 A	2,29 AB	0,18	0,0018
Mortalidad cría (Nº)	0,22 A	0,25 A	0,42 B	0,29 A	0,02	0,0010

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a Tukey (P< 0.05)

Prob: Probabilidad

E.E: Error estándar

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019

Anexo 12. Análisis de costos de los tratamientos aplicados.

COSTO DEL TRATAMIENTO LiCl(0,4 g)				
PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Azucar	9	kg	1	9
Agua purificada	9	l	0,25	2,25
LiCl	3,6	g	1	3,6
Jeringa	3	unidad	0,25	0,75
Par de guantes	3	unidad	0,3	0,9
Mascarilla	1	unidad	0,25	0,25
Transporte	18		0,3	5,4
Mano de obra	1,5	h	2,5	3,75
TOTAL				25,9
COSTO/COLMENA				8,63

COSTO DEL TRATAMIENTO LiCl (0,6 g)				
PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Azucar	9	kg	1	9
Agua purificada	9	l	0,25	2,25
LiCl	5,4	g	1	5,4
Jeringa	3	unidad	0,25	0,75
Par de guantes	3	unidad	0,3	0,9
Mascarilla	1	unidad	0,25	0,25
Transporte	18		0,3	5,4
Mano de obra	1,5	h	2,5	3,75
TOTAL				27,7
COSTO/COLMENA				9,23

COSTO DEL TRATAMIENTO LiCl (0,8 g)				
PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Azucar	9	kg	1	9
Agua purificada	9	l	0,25	2,25
LiCl	7,2	g	1	7,2
Jeringa	3	unidad	0,25	0,75
Par de guantes	3	unidad	0,3	0,9
Mascarilla	1	unidad	0,25	0,25
Transporte	18		0,3	5,4
Mano de obra	1,5	h	2,5	3,75
TOTAL				29,5
COSTO/COLMENA				9,83

Realizado por: Guerrero Catota, Romel, 2019